



Ecologie de la germination des espèces indigènes de La Réunion



Mémoire de stage



Master 2 – Biodiversité des Ecosystèmes Tropicaux
Université de La Réunion – Faculté des Sciences et Technologies

HOAREAU Dominique

Stage effectué au CIRAD Réunion
Sous la direction de **CHEVALLIER Marie-Hélène** et **RIVIERE Eric**

Année universitaire 2011-2012

Avant propos

Chers lecteurs et lectrices,

Je profite de cette page pour adresser un petit mot aux personnes que j'ai connues durant cette période au « Pole forêt ». Je fus longtemps épaulé par des personnes des plus sympathiques et passionnées par leur travail.

Je remercie donc Marie-Hélène CHEVALLIER, pour m'avoir accueilli au sein de cette équipe de recherche.

Pour leur aide, leurs conseils techniques et organisationnels, je tiens à remercier Eric RIVIERE, Gérard LEBRETON, Stéphanie DAFREVILLE et Frédéric CHIROLEU.

Enfin, je remercie également Stéphane DELACROIX pour les récoltes de semences ; Dominique STRASBERG pour ses conseils en écologie forestière.

TABLE DES MATIERES

PARTIE A.INTRODUCTION

I) CONTEXTE ECOLOGIQUE DES FORETS REUNIONNAISES ET PROJET DE RESTAURATION 3

- 1.1) LA VEGETATION MENACEE DE L'ILE DE LA REUNION 3
- 1.2) LE PROJET DE RESTAURATION LIFE+ « COREXERUN 4

II) LA GERMINATION 5

- 1) DEFINITION DU PROCESSUS DE GERMINATION 5
- 2) LA DORMANCE ET SA RELATION AVEC LA GERMINATION 5
- 3) LES CONDITIONS OPTIMALES DE GERMINATION 6
- 4) OBJECTIF ET HYPOTHESE DE RECHERCHE 7

PARTIE B. MATERIEL ET METHODE

I) LA RECOLTE 8

II) LES TESTS DE GERMINATION 10

- 1) LES TRAITEMENTS PREGERMINATIFS 9
- 2) TESTS DE GERMINATION 10
- 3) MESURE DU PROCESSUS DE GERMINATION 11
 - 3.1) CALCUL DES PARAMETRES DE GERMINATION 11
 - 3.2) ANALYSE STATISTIQUE 12

PARTIE C. RESULTATS

I) GERMINATION DES ESPECES FORETS TROPICALES HUMIDES 13

II) GERMINATION DES ESPECES DE FORET SECHE 15

PARTIE D. DISCUSSION

| | |
|--|------------------|
| <u>I) DETERMINATION DES DORMANCES « SIMPLES » DES ESPECES</u> | <u>18</u> |
| <u>II) DETERMINATION DES DORMANCES COMBINEES :</u> | <u>20</u> |
| <u>III) LES CONDITIONS OPTIMALES DE GERMINATION</u> | <u>21</u> |

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce mémoire repose principalement sur les processus de germination des graines qui ont la particularité d'être variables entre les espèces. Les deux principaux aspects de la germination qui intéressent les biologistes sont les conditions abiotiques de germination et les types dormances. L'île de La Réunion révèle des modèles biologiques intéressants qui peuvent enrichir les connaissances sur l'écologie de la germination des espèces indigènes. Néanmoins, les études de germination dans ce système insulaire n'ont été encore que très rarement abordées alors qu'une demande de production à grande échelle (semi-industrielle) devient essentielle pour les aménagements paysagers ou les projets de restauration écologique sur l'île.

Nous avons donc choisi un groupe d'espèces tropicales indigènes de La Réunion potentiellement intéressantes pour une production semi-industrielle et qui nous semble constituer un modèle tout à fait approprié pour étudier leurs conditions de germination, leurs dormances de leurs semences.

Notre objectif principal est de mettre au point des méthodes de germination permettant d'identifier les conditions optimales de germination, et les types de dormances des semences de ces espèces. Avant de développer les différentes étapes de ce travail, nous présenterons dans cette partie introductive :

- L'état de santé des forêts tropicales réunionnaises et particulièrement des forêts tropicales semi-sèches.
- Un état des connaissances générales sur la germination des espèces tropicales.

I) Contexte écologique des forêts réunionnaises et projet de restauration

1.1) La végétation menacée de l'île de La Réunion

La végétation naturelle de l'île de la Réunion est composée de cinq communautés qui sont incluent dans 3 séries qui se répartissent en ceintures étagées autour de l'île (Cadet 1977) : (i) la série mégatherme semi-xérophile qui comprend la forêt tropicale semi-sèche de basse altitude ; (ii) la série mégatherme hygrophile composée des forêts tropicales humides de basse altitude. (iii) la série mésotherme constituée des forêts de montagne (Cadet 1977 ; Blanchard 2003). (iv) la série oligotherme composée des fourrées éricoïdes de haute altitudes (*fig.1.1*)

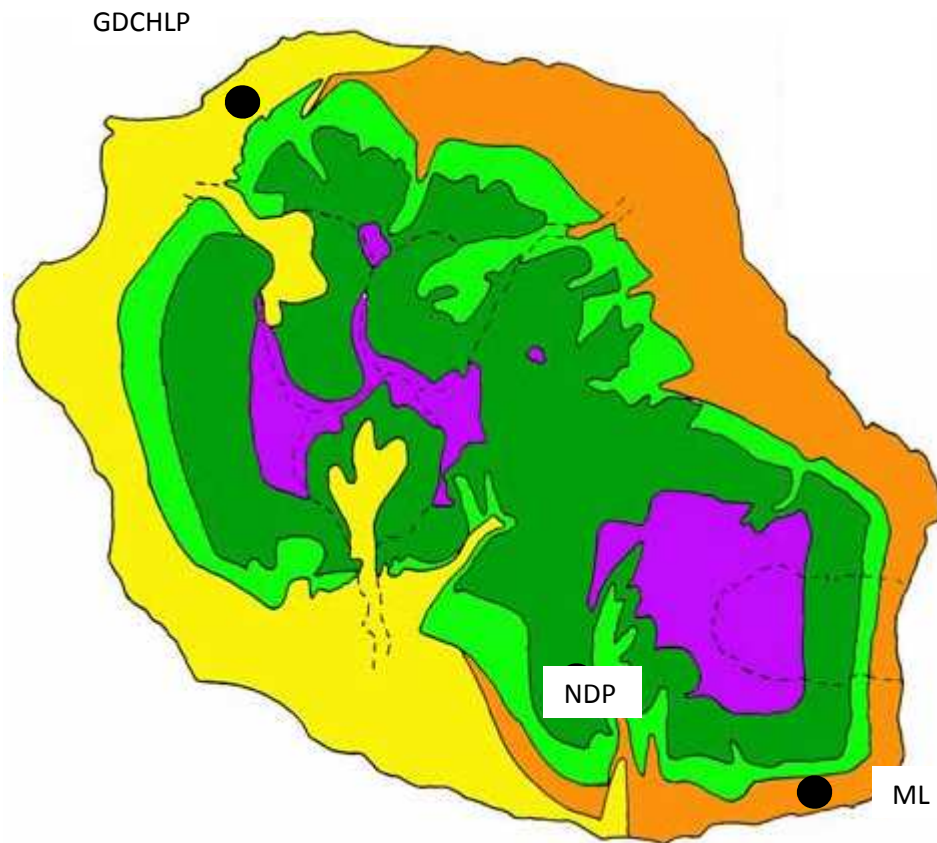


Figure1.1 : Carte de l'île de la Réunion représentant cinq types d'écosystèmes forestières ; en jaune : les forêts tropicales semi-sèche de basse-atitude ; en orange : les forêt tropicale humide de basse-altitude ; en vert claire : forêt tropicale humide de moyenne-altitude ; en vert foncé : forêt de montagne ; en mauve : forêt altimontaine. Les points noirs correspondent au lieu de récolte : GDCHLP : GranDe CHaLouPe ; NDP : Notre Dale de la Paix ; ML : Mare Longue

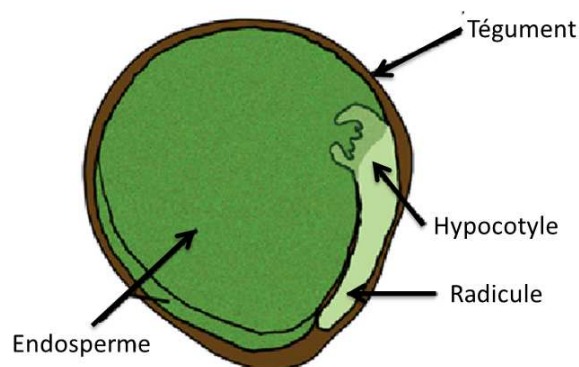


Figure 1.2 : Représentation schématique de la structure d'une graine de Fabaceae (extrait de Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006).

Ces forêts sont touchées par les perturbations anthropiques avec une plus ou moins grande ampleur selon le type d'écosystème forestier considéré. Les forêts de la série mésotherme sont les moins touchées (contrairement à la végétation de la série mégatherme. En effet, les forêts semi-sèches de moyenne et basse altitude sont les plus touchées par la perte de biodiversité avec 80 % de l'habitat qui ont été transformés et 20 % qui sont envahis par les espèces exotiques. À La Réunion, aucune zone de forêt sèche n'est intacte et pourtant sa richesse spécifique reste relativement élevée (126 espèces arborées avec 30 espèces endémiques) (Strasberg *et al.* 2005). Les forêts tropicales semi-sèches réunionnaises possèdent 76 % des espèces protégées de l'île (Truong *et al.* 2010). Malgré cela, peu de zones de conservation formelle au sein des forêts sèches sont mises en place (Strasberg *et al.* 2005).

1.2) Le projet de restauration Life+ « COREXERUN »

Le projet de restauration écologique (Life+ « COREXERUN »)² a été mis en place pour préserver et conserver les reliquats du massif forestier semi xérophile. Il fait partie des rares projets de restauration appliqués à La Réunion. Il est prévu de reconstituer 9 hectares et d'en restaurer 30, répartis sur des habitats divers (Truong *et al.* 2010). Suite à un appel d'offre du Parc national de la Réunion, la mise en culture d'espèces propres à la forêt semi-xérophile est envisagée : plus de 100 000 plants sont donc requis pour ce projet de restauration. Un des problèmes rencontrés est la méconnaissance de la biologie de certaines espèces indigènes et la production de plants.

II) La germination

1) Définition du processus de germination

Une graine est l'organe de la plante constituée d'un embryon, de tissus de réserves (albumen ou endosperme) enfermés dans des enveloppes protectrices (téguments) de morphologies différentes selon l'espèce (Fenner 2000) (fig.1.2). L'embryon est constitué de trois parties : la radicule, l'hypocotyle et l'épicotyle.

Le principal rôle des graines est de fournir une protection et des nutriments à l'embryon durant la germination (Schmidt 2000).

La germination des graines correspond à la transition de la phase de vie latente de la graine à la phase de développement de la plantule (Baskin & Baskin 2001). Le processus de germination se déroule de la manière suivante pour la majorité des angiospermes (Bewley 1997 ; Nonogaki, Bassel & Bewley 2010) :

- L'eau est d'abord absorbée par les ouvertures naturelles de la graine, puis diffusée à travers ses tissus (Young et Young, 1986). Les cellules de la graine deviennent ensuite turgescentes.

- À la suite de l'hydratation, sous l'effet de la dilatation de la graine, les téguments s'ouvrent, et l'embryon subit des changements métaboliques qui réamorcent sa croissance.

- La synthèse de nouvelles molécules donne lieu à une augmentation en taille de l'embryon jusqu'à ce que ce dernier émerge de la graine. Le premier organe à émerger de la graine est généralement la radicule qui constitue la racine embryonnaire. L'émergence de la radicule constitue l'un des seuls signes visibles de la germination.

En règle générale, les graines mûrissent, deviennent quiescentes, puis germeront dès que de l'eau, de l'oxygène et des conditions de températures adéquates leur seront fournies (Srivastava, 2002 *et al.* 2010). Néanmoins, à la fin de la fructification, il arrive que chez beaucoup d'espèces, en plus d'être quiescentes, les graines ne germeront pas, bien qu'étant dans des conditions environnementales optimales (Baskin & Baskin 2004). Cette caractéristique biologique liée aux graines est appelée la dormance.

2) La dormance et sa relation avec la germination

La dormance des graines peut être considérée comme un « blockage » au bon déroulement de la germination d'une graine viable dans des conditions favorables (Li & Foley, 1997). Ce blocage à la germination a évolué différemment selon les espèces par le biais d'adaptation à l'environnement en lien avec la diversité de climats et d'habitats (Fenner & Thompson, 2005). Nous nous retrouvons ainsi avec une gamme de diversité de type et de forme de dormance répartie dans un grand nombre de familles différentes (Annexe.). Selon l'espèce et les conditions abiotiques du milieu, les différents types de dormance primaires peuvent également se succéder (Jayasuriya, Baskin & Baskin 2008).

Nous ne parlerons dans cette partie, que de six des formes de dormances primaires.

En 2004, Baskin & Baskin ont proposé une classification des dormances des graines qui inclue 5 des formes de dormances. Elles sont toutes présentes dans les types d'écosystèmes existants à La Réunion (tab.1) :

- *La dormance physiologique (DPg)* est la forme la plus abondante et se retrouve dans les graines de la majorité des angiospermes (tab.1). Elle met en cause un ou plusieurs mécanismes physiologiques qui proviennent de l'embryon et qui inhibent l'émergence de la radicule (Baskin et Baskin, 1998). Toutefois, les structures qui entourent l'embryon, telles l'albumen ou les téguments, ne sont pas à négliger comme cause potentielle de ce type de dormance. Alors que la dormance morphologique est rattachée à un embryon immature qualifié de rudimentaire ou linéaire, la dormance physiologique n'est liée à aucun critère morphologique et peut se présenter chez n'importe quel type de graines (Nivot 2005).

| | Forêt tropicale humide (%) | Forêt tropicale sèche (%) | Savane (%) |
|---------------------------------|----------------------------|---------------------------|------------|
| Dormance physiologique | 25 | 37 | 46 |
| Dormance morphologique | 3 | 1 | 1 |
| Dormance morpho-physiologique | 9 | 2 | 4 |
| Dormance physique | 6 | 34 | 25 |
| Dormance physique-physiologique | 0.4 | 1 | 0.5 |

Tableau 1 : Synthèse du pourcentage de forme de dormance réparti dans 3 écosystèmes tropicaux distincts (extrait de Baskin & Baskin 1998).

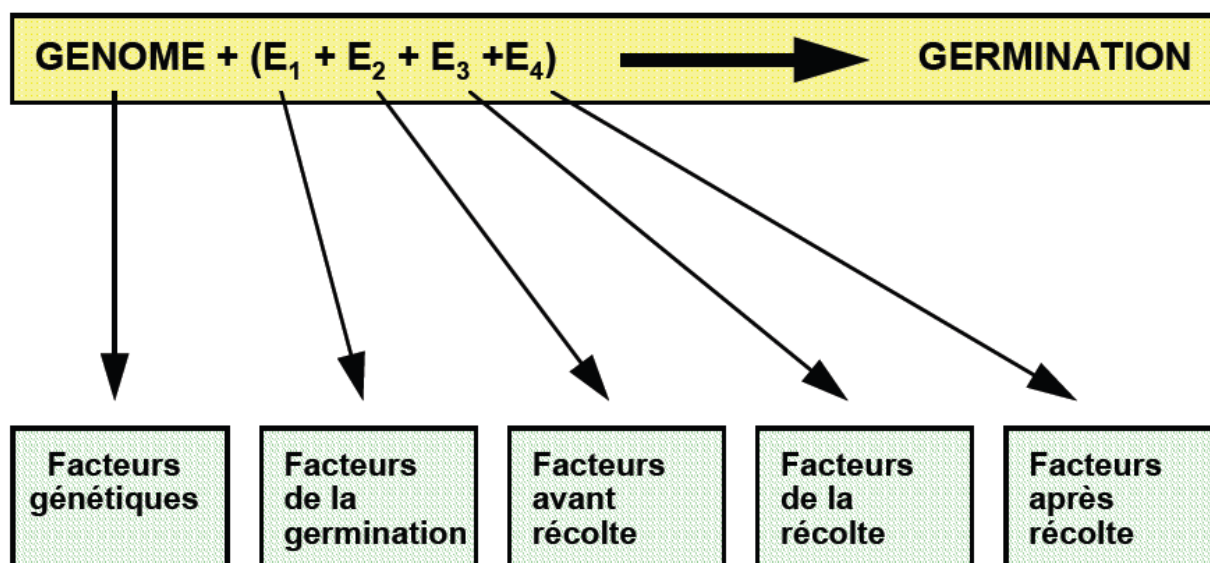


Figure 1.3 : Les différents facteurs impliqués dans la qualité germinative des semences (d'après Côme, 1993).

- *La dormance morphologique (DM)* est due à la présence d'un embryon sous développé en termes de taille (Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006). La germination ne peut avoir lieu tant que l'embryon n'est pas arrivé au terme de sa croissance.
- *La dormance morpho-physiologique (DMPg)* qui combine la dormance morphologique et physiologique (Baskin & Baskin 2004).
- *La dormance physique* qui est liée à une imperméabilité des graines (Baskin & Baskin 2004) ou des fruits (Li, Baskin & Baskin 1999) à l'eau causée par la présence du péricarpe et de l'endocarpe (Li, Baskin & Baskin 1999).
- *La dormance physique-physiologique (DPqPg)* qui associe dormance tégumentaire et dormance physiologique (Nikolaeva 1977 ; Baskin & Baskin 2001,2004). La germination ne peut se produire que si les deux types de dormance sont levés à la fois. Pour certaines espèces la dormance physique est levée avant la dormance physiologique et réciproquement pour d'autres (Finch-Savage & Leubner-Metzger 2006).
- *La dormance chimique (DC)* (non incluse dans la classification de Baskin & Baskin 2004) qui est provoquée par la présence dans le péricarpe d'inhibiteurs de la croissance de l'embryon. Le principal inhibiteur est l'acide abscissique (ABA) (Wang et al. 1994 ; Foley 2001).

3) Les conditions optimales de germination

Durant les tests de germination en laboratoire, il est envisageable que lors de la levée d'un type de dormance, une autre apparaisse. Par ailleurs, les graines ne passent pas de l'état dormant à celui de "prêt à germer" de façon brutale. On pense plutôt que, progressivement, les graines d'une population deviennent davantage réceptives à la gamme de conditions environnementales auxquelles elles sont capables de germer et de moins en moins sensibles à la gamme de conditions qui entravent leur germination (Foley, 2001).

L'ensemble des facteurs qui interviennent au moment de la germination mais aussi tout au long de la vie d'une semence, depuis sa création sur la plante mère jusqu'à sa reprise d'activité, exerce une influence sur le comportement de cette semence lorsqu'elle est mise à germer. Ainsi, la qualité germinative d'une semence est fonction de son génome mais aussi de multiples facteurs que Côme (1993) regroupe en quatre catégories : les facteurs avant la récolte, les facteurs de la récolte, les facteurs après la récolte et les facteurs de la germination (Côme 1993) (*fig.1.3*).

(i) L'espèce, la variété, la taille ou le poids des semences sont quelques-uns des **facteurs génétiques** qui peuvent avoir une influence sur la qualité germinative des semences. Par exemple, Chaussat et Chapon (1981) mettent en évidence une relation directe entre le poids du grain et sa vitesse de germination pour différentes espèces du genre *Triticum*.

(ii) Les **facteurs avant récolte** correspondent, entre autres

- au climat (température, pluie et lumière) ;
- à la position des semences sur la plante mère ;
- à l'âge de la plante mère.

(iii) Concernant les **facteurs de la récolte**, c'est certainement le stade de maturité des semences au moment de leur récolte qui intervient principalement dans la germination ; la date de récolte est donc importante.

(iv) S'agissant des **facteurs après récolte**, tous les traitements auxquels les semences sont soumises après leur récolte peuvent avoir une incidence sur leurs propriétés germinatives (Côme, 1993). Par exemple, le séchage, le nettoyage et le triage peuvent intervenir. Pour de nombreuses espèces (céréales, tournesol), il est clairement établi que la durée et les conditions de conservation des semences jouent un grand rôle (Baskin & Baskin 1998) L'âge des semences peut aussi modifier les conditions nécessaires à leur germination, notamment les conditions thermiques (Barton, 1936).

(v) Les **facteurs de la germination**, c'est à dire ceux qui interviennent au moment de la germination, sont nombreux. Les plus couramment étudiés sont la température, l'oxygène et la lumière. En fait, c'est l'influence combinée de ces différents facteurs qui rend possible ou non la germination. Ainsi, la présence d'eau est obligatoire, mais pas suffisante car il faut aussi que la température soit convenable et que l'embryon soit correctement oxygéné. Les inhibiteurs de germination, le substrat (profondeur du semis et granulométrie) et les conditions des tests au laboratoire (pH du milieu, densité de semences) sont aussi des facteurs qui peuvent influencer la qualité germinative des semences.

Dans l'ensemble, l'étude peut être divisée en quatre grandes étapes : 1- la récolte, 2- les traitements prégerminatifs, 3- les tests de germinations et, 4- Mesure du processus de germination.

I) La Récolte

L'ensemble du matériel biologique (fruits et graines) provenant de 17 espèces (*tab.2.1*) a été récolté de janvier à mars 2012 et occupe une gamme d'habitats divers :

- En milieu naturel c'est-à-dire dans les forêts de basse altitude (semi-sèche et humide), au sein de la forêt de montagne de Notre Dame de la Paix et des fourrées oligothermes de la route du volcan.
- Dans les jardins et parcs privé et publiques comme la pépinière du Théâtre de Saint-Gilles, le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) et les abords de certaines zones industrielles situées à Saint-Pierre (21.310°S, 55.639°E).

Les fruits et les graines ont été récoltés sur les semenciers ou au sol. Le lieu, la date, le nombre de semenciers et le stade de maturation des fruits ont été relevés pour chaque lot collecté, selon les recommandations de l'ISTA (2005) afin d'intégrer l'origine géographique, la longévité et l'état physiologique des graines comme des paramètres qui pourraient potentiellement influencer la germination des graines. Après la récolte, le matériel biologique a été entreposé dans des sacs plastiques (types sacs de congélations) et mis en chambre froide ou dans des barquettes ouvertes et mis à température ambiante.

II) Les tests de germination

Les traitements prégerminatifs ont pour but d'éliminer les dormances des semences. Ils sont réalisés avant la mise en germinations des graines ou des fruits. Cinq répliques de 20 graines sont effectués pour chaque test.

1) Les traitements prégerminatifs

Pour lever les **dormances physiologiques**, les inhibiteurs sont éliminés en trempant les graines dans un grand volume d'eau qui est renouvelé régulièrement (8 fois dans la journée et chaque renouvellement est espacé d'une heure).

Tableau 2.1 : Listing des espèces dont les graines ont été mise à germer et en relation avec les tests de prégermination. L : lumière ; OB : obscurité ; TRPG : trempage ; TPS ; trempage-rinçage ; MECA : mécanique ; EAU80 : eau chaude (scarification thermique) ; ACID : acide (scarification chimique) ; AZOT : scarification thermique ; CHALEUR : chaleur (stratification thermique) ; FROID : froid (stratification thermique) ; BRULI : brulie ; FUM : fumigation. En bleu les espèces dont les graines ont été récoltées et mise à germer à partir du mois de janvier 2012. En orange tests de germination réalisés avant janvier 2012 (fait par E.RIVIERE).

| Espèces | gamme de température | photopériode | TRPG | TPS | MECA | EAU80 | ACID | AZOT | CHALEUR | FROID | BRULI | FUM |
|--|----------------------|--------------|------|-----|------|-------|------|------|---------|-------|-------|-----|
| RECONSTITUTION PRAIRIE / SAVANE | | | | | | | | | | | | |
| <i>Heteropogon contortus</i> | 25;30 | L;OB | X | X | | | | | X | | | X |
| RECONSTITUTION SAVANE ARBUSTIVE / FORET SEMI-SECHE /AMENAGEMENT URBAIN | | | | | | | | | | | | |
| <i>Cassine orientalis</i> | 25 | L | X | X | X | X | X | X | X | | X | X |
| <i>Cossinia pinnata</i> | 25;30 | L;OB | X | X | X | X | X | X | X | | | X |
| <i>Dodonaea viscosa</i> | 25;30 | L;OB | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| <i>doratoxylon apetalum</i> | 25;30 | L;OB | X | X | | | | | | | | |
| <i>Erythroxylum hypericifolium</i> | 25;30 | L;OB | X | X | | | | | | | | |
| <i>eugenia buxifolia</i> | 25;30 | L;OB | X | X | X | | | | X | X | | |
| <i>fernelia buxifolia</i> | 25;30 | L;OB | X | X | X | X | X | | X | | | |
| <i>Gastonia cutispongia</i> | 25;30 | L;OB | X | X | | X | | | X | | | X |
| <i>Pleurostyliia pachyphloea</i> | 25;30 | L;OB | X | X | X | | | | | | | |
| <i>Phyllanthus casticum</i> | 15;20;25;30 | L;OB | X | X | X | X | X | | X | | | |
| <i>Poupartia borbonica</i> | 25;30 | L;OB | X | X | X | X | X | | X | | | |
| <i>Scolopia heterophylla</i> | 25;30 | L;OB | X | X | X | X | X | X | X | | | |
| RECONSTITUTION CŒUR DU PARC | | | | | | | | | | | | |
| <i>Agarista buxifolia</i> | 15;20;25 | L | | | | | | | | | | |
| <i>Agarista salicifolia</i> | 15;20;25 | L | | | | | | | | | | |
| <i>Aphloia theiformis</i> | 15;20;25 | L | | | | | | | | | | |
| <i>Faujasia salicifolia</i> | 15;20;25 | L | | | | | | | | | | |
| <i>Forgesia racemosa</i> | 15;20;25;30 | L;OB | | | | | | | | X | | |
| <i>Hubertia ambavilla</i> | 15;20;25;30 | L;OB | | | | | | | X | X | | X |
| <i>Hypericum lanceolatum</i> | 15;20;25;30 | L;OB | | | | | | | X | X | | X |
| <i>Sophora denudata</i> | 15;20;25;30 | L;OB | X | X | X | X | X | X | X | X | | |
| <i>sideroxylon borbonicum</i> | 15;20;25;30 | L;OB | X | X | X | X | X | | X | X | | |
| <i>Tabernaemontana mauritiana</i> | 25;30 | L;OB | X | | X | | X | | | | | |

Pour les dormances morphologiques et selon Guerrant, Lavens & Maunder (2004), il n'y a pas de prétraitements germinatifs spécifiques. L'imbibition est réalisée dans le but de favoriser la croissance embryonnaire. Cette méthode consiste à humecter les graines dans de l'eau pendant 12 heures.

Les dormances physiques sont levées par les méthodes de scarification qui provoquent des microfissures tégumentaires. Elles permettent ainsi, de faciliter les échanges entre l'embryon et le milieu extérieur (Nivot 2005) et particulièrement, l'absorption de l'eau. Trois méthodes de scarifications sont employées dans notre étude :

(i) La scarification mécanique qui consiste à utiliser du papier de verre (Pérez-Garcia & Gonzalez-Benito 2006 ; Rao *et al.* 2006).

(ii) La scarification thermique à l'eau chaude (80 °C) qui permet d'enlever la cuticule cireuse des graines (Li *et al.* 1999) et à l'azote liquide qui crée des fines craquelures dans les téguments (-196 °C) (Salomão 2002). Les traitements thermiques nécessitent au préalable de faire revenir progressivement les graines à température ambiante avant qu'elles soient mises à germer. Les graines scarifiées à l'azote liquide sont placées dans de l'eau à 40 °C pendant une minute avant d'être mises à température ambiante durant 45 minutes.

(iii) La scarification chimique à l'acide sulfurique (H₂SO₄ ; concentration à 10⁸ M) qui nécessite que les graines soient, après le traitement, rincées abondamment à l'eau courante afin de faire disparaître toute trace d'acide (Niang-diop *et al.* 2010).

Pour lever les dormances combinées telle que la **dormance physique-physiologique**, les graines seront soumises aux méthodes de levées de dormance physique et physiologique (Fang *et al.* 2006).

La stratification thermique participe à la levée de la dormance physiologique (Foley 2001), morphologique (Rao *et al.* 2006) et physique (Geneve 2003). Cette méthode s'apparente aux incendies, aux fortes périodes de chaleur et de froids en milieu naturel.

Le premier consiste à exposer les graines à un choc thermique de faible amplitude (*i.e.* température à 40 °C). Pour cela, les graines ont été disposées dans un béccher qui contient du sable saturé en eau. Leur profondeur varie de 0 à 5 cm. Pour limiter la perte en eau, les bécchers sont isolés par un film d'étanchéité. Les graines sont extraites du sable au bout de deux à quatre jours (Hu *et al.* 2009).

Le deuxième consiste à provoquer un feu à partir de combustible d'origine végétale au sein d'une boîte en aluminium afin de « brûler » les graines qui sont ajoutées aléatoirement. L'expérience est conduite jusqu'à ce que toute la matière végétale ait brûlée.

Et le troisième traitement a pour but de stratifier les graines au froid. Les graines sont ainsi placées dans des boîtes de pétris sur un substrat de germination (du sable) humide, et conservées à 4 °C dans une chambre froide pendant deux semaines (Rao *et al.* 2006).

Pour le traitement à la **fumée**, les graines sont disposées dans une boîte fermée hermétiquement (m * m * m) et exposées à la fumée pour une période de 60 minutes (Read *et al.* 2000). La fumée est produite grâce à un enfumoir dans lequel y est ajouté du combustible naturel. L'effet de la fumée sur la germination des graines est indépendant du type de plante utilisée comme combustible (Brown & Staden 1997). Après l'exposition à la fumée, l'intérieur des boîtes est humidifié avec un pulvérisateur d'eau afin que le principe actif de la fumée (3-methyl-2H-furo [2,3-c]pyran-2-one : la buténolide) (Flematti *et al.* 2004) soit en contact avec les graines (Landis 2000). Les graines sont mises à germer en absence de fongicide et arrosées uniquement 24 heures après le prétraitement de germination afin d'optimiser l'effet de la fumée (Read *et al.* 2000).

III) Tests de germination

Lorsque les traitements de pré-germinations sont terminés, le matériel traité est stérilisé dans une solution d'hypochlorite de sodium (concentration 10 M) dilué au 10^{ième}. Le but étant d'éliminer les microorganismes potentiellement nuisibles pour la germination.

Par la suite, les graines ou les fruits sont soumis aux tests de germination. La méthodologie de cette partie de l'étude consiste à placer les graines sur du sable stérilisé (substrat de germination) dans des boîtes de pétri dont la taille est variable en fonction de celle des graines. Les boîtes sont ensuite placées dans des incubateurs à température et photopériode contrôlées. Par la suite les graines sont arrosées avec de l'eau filtrée pour maintenir le substrat humide. Les tests de germination sont d'une durée minimale de 30 jours, et les graines sont examinées tous les deux jours afin de vérifier leur germination. Une graine est considérée comme ayant germée lorsque sa radicelle fait au moins 2mm de long (Baskin & Baskin 1998). Dans le cas de graines minuscules la graine est comptée comme germée dès la sortie de la radicule. Elle est alors extraite du lot et comptabilisée.

Les conditions de température et de lumière dans les chambres de germination ont été adaptées à partir des travaux Baskin & Baskin (1998) et consistent en une alternance jour-nuit d'une durée de 12 heures chacune ; Les températures sont de 15, 20, 25 ou 30 °C.

Pour chaque lot de graines, les traitements prégerminatifs, les températures et la photopériode sont consignés dans le tableau 2.1. Les méthodes et les durées de traitements sont choisies en fonction des caractéristiques biologiques des graines.

IV) Mesure du processus de germination

Auparavant, le processus de germination était caractérisé par la cinétique de germination (Baskin & Baskin 1998). Depuis 2005, le processus de germination est défini et mesuré par paramètres. Nous avons décidé de ne choisir que cinq d'entre eux (Ranal & Garcia de Santana 2006) (tab.2.2 et 2.3).

4.1) Calcul des paramètres de germination

Mesure de la capacité de germination :

La capacité de germination (CpG) correspond au pourcentage de graines qui ont germé au cours du processus de germination (Labouriau 1983). La capacité de germination est convertie en proportion pour réaliser les tests statistiques (Carvalho *et al.* 2005). L'expression mathématique de la capacité de germination est la suivante :

$$CpG = \frac{n_i}{N}$$

Avec n_i le nombre cumulé de graines germées à chaque observation i , et N le nombre total de graines mises à germer.

Mesure du temps de germination :

Le temps de germination est mesuré avec le temps médian qui correspond à 50 % de la germination (T_{50}). Cette mesure permet de prendre en compte le comportement de germination de l'ensemble des graines dans un échantillon. Le temps médian s'exprime comme suit (Salehzade *et al.* 2009) :

$$T_{50} = t_{i50} + \frac{\left(\frac{N}{2} - n_{i50}\right)(t_{j50} + t_{i50})}{nc_{j50} - nc_{i50}}$$

Avec N : le nombre final de graines germées et nc_{i50} , nc_{j50} : le nombre de graines cumulées correspondant au temps lorsque $n_{i50} < N/2 < n_{j50}$.

Mesure de la vitesse de germination :

Le coefficient de vitesse de germination (CVG) (Ranal & Garcia de Santana 2006) est libre de l'influence du nombre de graines germées dans les échantillons et correspond à la réciproque du temps moyen de germination. Il est noté comme suit :

$$CVG = \frac{100(n_1 + n_2 + \dots + n_x)}{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_x t_x},$$

Avec n_x : le nombre de graines germées pour une observation x , t_x : le jour correspondant à la germination des graines.

Mesure de l'uniformité de germination :

Le coefficient de variation du temps de germination (**CV_t**) permet d'évaluer l'uniformité de germination.

Ce paramètre correspond à une mesure de dispersion relatif permettant de quantifier la variation du temps de germination entre chaque graine germée (Carvalho *et al.* 2005) :

$$CV_t = (s_t/TMG)100$$

, avec s_t : l'écart-type du temps moyen de germination.

Mesure synchronique de la germination :

En général, la germination est asynchrone et il est possible de quantifier cette caractéristique grâce à l'indice de synchronisation E . Ce paramètre permet de regarder si le nombre de graine qui germe au cours du temps est périodique. E s'exprime comme suit :

$$E = -\sum_{i=1}^k f_i \log_2 f_i, \text{ , avec } f_i = \frac{x_i}{\sum_{i=1}^k x_i}$$

Où f_i est la fréquence relative de germination et k : le dernier jour d'observation. La germination est d'autant plus synchronique que les valeurs de E sont proches de 0.

4.2) Analyse statistique

Toutes les analyses ont été conduites avec des modèles linéaires généralisés (GLM). Le GLM est une extension du modèle linéaire aux cas où l'erreur ne suit pas une distribution normale (de Gauss). Il permet donc de traiter les cas d'observation de variables aléatoires non normales. Nous étudions alors l'influence des variables explicatives (température, lumière et traitements prégerminatifs) sur l'espérance de la capacité de germination, et non pas sur la capacité directement. La fonction de lien est une fonction qui permet de relier l'espérance de la capacité selon le modèle aux variables explicatives. Elle est choisie à partir du critère d'information d'Akaike (AIC : Akaike Information Criterion). La sélection des variables les plus pertinentes est réalisée à partir des procédures automatiques de sélection pas-à-pas. Pour les autres paramètres de germination, un modèle linéaire simple a été sélectionné.

Par ailleurs, une analyse pertinente des résultats nécessite qu'uniquement les tests d'une durée de germination supérieure à 30 jours soient pris en compte. Le nombre d'espèces et de tests qui devait être analysés est donc réduit à 13 espèces.

Les résultats seront illustrés en deux parties : la première portera sur la germination des espèces indigènes de la forêt humide de La Réunion. La deuxième partie sur la germination des espèces indigènes de la forêt semi xérophile. En ce qui concerne l'analyse statistique, les valeurs d'AIC des modèles, les fonctions de liens des modèles poissonniens ne seront pas illustrées dans les résultats. Les tableaux de déviance des modèles linéaires généralisés permettant de déterminer l'influence des variables explicatives sont mis en annexe. Lorsque les facteurs sont identiques uniquement la valeur d'un seul d'entre eux est notée. De plus les cinétiques de germinations de germination seront mises en annexe et non illustrées pour la majorité des espèces compte tenu de la nouvelle approche méthodologique adoptée dans cette étude.

I) Germination des espèces forêts tropicales humides

Germination de *Agarista buxifolia* (fig.1')

Le test de rapport de vraisemblance (Khi-deux) indique que quatre des cinq paramètres de germination d'*A.buxifolia* sont influencés significativement par la température : la capacité de germination (Cpg), le temps médian (T50), la vitesse de germination (CVG) et la synchronicité de germination (E). (tab.3'.1 en annexe). Les résultats des comparaisons des moyennes des paramètres de germination statistiquement significatives sont consignés dans le tableau 3.1.

Le test de Tukey révèle que **la capacité de germination** est identique quel que soit la température considérée ($Cpg = 1,00 \pm 0,00$ à 20 °C).

La **vitesse de germination** de *A. buxifolia* est plus élevée à 20 °C ($13,26 \pm 0,56\%$) qu'à 15 ° ($7,57 \pm 1,10$ ou à 25 °C ($6,14 \pm 0,45 \%$)).

De plus, **le temps médian de germination** ($6,06 \pm 0,66$ vs $12,51 \pm 1,07$ et $10,88 \pm 2,90$ jours) et **l'indice de synchronicité** ($E = 1,57 \pm 0,16$ bit (20°C) vs $1.84 \pm 0,08$ bit (15°C) et 2.60 ± 0.14 bit (25°C)) sont quant à eux plus faibles à 20 °C ($p < 0.05$).

Germination de *Agarista salicifolia* et *Aphloia theiformis* (fig.2'et fig.3')

Pour ces deux espèces, la capacité de germination, le temps médian et la vitesse de germination sont influencés significativement par la température ($p < 0.001$ pour les trois indices des deux espèces) au contraire de l'uniformité et de la synchronicité de germination ($p > 0.05$ pour les deux espèces).

Le test de Tukey montre que **la capacité de germination** de ces espèces est plus élevée à 20°C. En effet, la capacité maximum de germination est à 20°C pour *A. salicifolia* ($Cpg = 0,80 \pm 0,04$) mais également à 25 °C pour *A. theiformis* ($Cpg = 0,99 \pm 0,02$ à 20°C et $Cpg = 0,94 \pm 0,07$) (fig 3.1 et tab3.1).

Le temps médian de germination varie de 15 à 25 °C ($p > 0.05$) mais est également plus court lorsque la température est supérieure à 15°C pour les deux espèces ($T_{50}=16,52 \pm 0,01$ j pour *A. salicifolia* et $T_{50}=18,97 \pm 2,59$ j pour *A.theiformis*). Notons qu'à 20°C et 25 °C le temps médian de germination est identique (tab. 3.1 ; fig.3.1).

La vitesse de germination pour ces espèces est significativement plus élevée à 20 °C ($CVG = 5,27 \pm 0,01$ % pour *A. salicifolia* et $CVG= 4,40 \pm 0,48$ % pour *A .theiformis*) qu'à 15 °C ou 25°C.

Germination de *Faujasia salicifolia* (fig.4')

Pour *F. salicifolia*, la température influence uniquement la capacité de germination ($p < 0.05$). La capacité de germination est plus élevée à 15 °C et 20 °C ($C_{pg} = 0,75 \pm 0,18$) qu'à 25 °C ($C_{pg} = 0,57 \pm 0,10$).

Germination de *Forgesia racemosa* (fig.5')

L'observation de la cinétique de germination de *F. racemosa* révèle l'absence du taux de germination à 15 et 25 °C ; à la lumière et à l'obscurité ; traitée et non traitée (fig.3' ,en annexe)). A 20 °C le taux de germination reste relativement faible à raison de 0.1.

Germination de *Hubertia ambavilla* et *Hypericum lanceolatum* (fig.6' et fig. 7')

La température a un effet sur la capacité de germination de *H. lanceolatum* ($p < 0.001$) et de *H. ambavilla* ($p < 0.05$). La capacité de germination pour *H. ambavilla* est également influencée par :

- les facteurs abiotiques ($p < 0.001$) et leurs interactions ($p < 0.05$)
- les traitements ($p < 0.001$)
- L'interaction entre les traitements et la température ($p < 0.001$).

Les comparaisons de moyennes montrent pour les trois températures d'études (15°C, 20°C et 25°C) ($p > 0.05$) (tab3.1), qu'il n'y a pas de différence sur la capacité de germination de d'*H. ambavilla* et *H. lanceolatum* . Pour *H. ambavilla*, aucune différence n'est également à noter pour la photopériode et quelque soit le traitement (stratification au froid, et l'enfumage) et la température considérée ($p > 0.05$).

La vitesse de germination de *H. lanceolatum* n'est influencée par aucun facteur contrairement à *H.ambavilla* qui est influencée significativement par la température ($p < 0.05$) et les traitements ($p < 0.05$). La vitesse de cette dernière est significativement plus élevée à 20 °C ($CVG= 0,15 \pm 0,06$) que lorsque les tests sont effectués à 15 °C ou à 25 °C. Par ailleurs, l'enfumage est le seul traitement qui contribue à augmenter le nombre de graine germées au cours du temps ($CVG_{fumée} = 7,22 \pm 0,84$) (tab3.1)

Germination de *Sophora denudata* (fig.8')

La capacité de germination de *S. denudata* est influencée par la température, les traitements et l'interaction de ces derniers. ($p < 0.05$). L'interaction significative entre la température et les traitements permet de dire que la capacité de germination des graines est nettement plus élevée lorsqu'elles ont subies une scarification chimique à 25 °C ($C_{pg\text{ acide}} = 0,70 \pm 0,01$) et 30 °C ($C_{pg\text{ acide}} = 0,18 \pm 0,08$ à 30 °C). Alors que les autres tests de prégerminations (scarification thermique, trempage, scarification thermique combiné à un trempage-rinçage) ne se différencie pas du témoin $C_{pg\text{ témoin}} = 0,10 \pm 0,01$ à 25 °C et $C_{pg\text{ témoin}} = 0,05 \pm 0,01$ à 30 °C) (tab.3.2 et fig. 3.1).

Le temps médian de germination est influencé uniquement par les traitements ($p < 0.05$). La comparaison de moyenne du temps médian pour chaque traitement indique qu'elle est plus courte lorsque les graines sont traitées à l'acide ($T50_{\text{acide}} = 18,26 \pm 3,17$ j) et combiné à un trempage-rinçage ($T50_{\text{trempage_rinçage}} = 18,00 \pm 11,3$ j). (tab.3.2). A contrario, le temps médian de germination est plus élevé pour le témoin ($T50_{\text{témoin}} = 26,00 \pm 0,00$ j) et le test au trempage ($T50_{\text{trempage}} = 27,00 \pm 9,16$ j) (fig.3.1).

La vitesse de germination est influencée par la lumière ($p < 0.05$) et les traitements ($p < 0.01$). Aucune différence significative de vitesse n'est observée entre la lumière ($CVG = 4,07 \pm 0,31$ %) et l'obscurité ($p > 0.05$). En ce qui concerne les traitements, la vitesse de germination des graines est plus rapide lorsqu'elles sont scarifiées chimiquement ($CVG_{\text{acide}} = 4,58 \pm 0,70$ %) ou trempées ($CVG_{\text{trempé}} = 4,35 \pm 0,04$ %) (tab.3.2). La vitesse est moindre et identique entre le témoin ($CVG_{\text{témoin}} = 3,45 \pm 0,02$ %) et le traitement combinant acide et trempage-rinçage.

La synchronicité de germination ne présente pas de différence significative entre les tests à la lumière ($E = 0,70 \pm 0,41$ bit) et l'obscurité ($p > 0.05$).

II) Germination des espèces de forêt sèche

Germination de *C. pinnata* (fig.9')

La capacité de germination de *C. pinnata* est influencée par la température ($p < 0.001$), les traitements ($p < 0.001$) et l'interaction entre ces derniers ($p < 0.001$). Le test de Tukey indique qu'à 25 °C, la capacité est identique entre les traitements prégerminatifs ($C_{pg\text{ trempage}} = 0,06 \pm 0,01$) mais reste inférieurs au témoin ($C_{pg\text{ témoin}} = 0,85 \pm 0,14$) (tab.3.3). A 30 °C, la capacité la plus élevée revient aux graines traitées à l'eau chaude ($C_{pg\text{ eau chaude}} = 0,61 \pm 1,00$) ou trempées dans de l'eau ($C_{pg\text{ trempé}} = 0,69 \pm 0,18$) (tab. 3.3). La comparaison faite entre les tests aux deux températures permet de dire que ce sont les graines mises à germer à 25 °C sans traitement qui ont la meilleure capacité de germination.

Le temps médian de germination est influencé uniquement par les traitements prégerminatifs ($p < 0.001$) (tab 3.3). Le test de Tukey indique une différence entre les tests de prégermination et le témoin.

Nous constatons que le temps médian de germination est plus court lorsque les graines ne sont pas traitées ($T50_{\text{témoin}} = 8,84 \pm 2,09$). Le temps médian des graines scarifiées à l'eau chaude ($T50_{\text{euchaude}} = 12,22 \pm 1,27$) est identique à celui du témoin. Cela indique que ce traitement n'a aucun effet sur le temps médian de germination des graines. Par ailleurs, le temps médian de germination entre les traitements de trempage et de stratification thermique sont identiques et qui d'ailleurs augmentent le temps médian de germination ($Cpg_{\text{trempage}} = 16,72 \pm 2,70$).

La vitesse de germination est influencée significativement par les traitements ($p < 0.001$). Toutefois, la vitesse de germination du témoin ($CVG_{\text{témoin}} = 7,64 \pm 1,36$) reste supérieure à celle des traitements ($CVG_{\text{euchaude}} = 5,80 \pm 0,42$).

La synchronicité est influencée par la lumière, le traitement et l'interaction entre ces derniers. La synchronicité est significativement différente entre les graines traitées ou non traitées qu'elles soient à la lumière ($p < 0.05$) ou à l'obscurité ($p < 0.05$). La germination des graines de *S. denudata* est caractérisée par une meilleure synchronicité lorsqu'elles ne sont pas traitées ($E = 0,00 \pm 0,00$ bit à la lumière et à l'obscurité) ou stratifiée à la chaleur ($E = 0,00 \pm 0,00$ bit).

Germination de *Dodonaea viscosa* (fig.10')

La capacité de germination est influencée par l'ensemble des facteurs étudiées ($p < 0.01$ pour la température et la lumière ; $p < 0.001$ pour les traitements) incluant également toutes les interactions ($p < 0.001$) dont la température qui interagit avec la lumière et les traitements. Nous pouvons remarquer une différence significative entre les traitements et le témoin respectivement pour les deux températures et photopériodes étudiés ($p < 0.05$) (tab.3.3).

- À 25 °C, le traitement à l'eau chaude ($Cpg_{\text{euchaude}} = 0,44 \pm 0,07$ à la lumière ; $Cpg_{\text{euchaude}} = 0,75 \pm 0,04$) conduit à une capacité de germination plus élevée que les autres traitements et témoins confondus. Par ailleurs, à 25 °C la capacité de germination des graines est identique lorsqu'elles ont été traitées seulement mécaniquement ou de manière combinée (mécanique-trempage ; mécanique-trempage-rinçage) ($Cpg_{\text{mécanique}} = 0,59 \pm 0,07$) ($p > 0.05$).

- À 30 °C, la capacité de germination est relativement plus élevée avec un traitement mécanique à la lumière ($Cpg_{\text{mécanique}} = 0,54 \pm 0,19$) ou à l'obscurité ($Cpg_{\text{mécanique}} = 0,49 \pm 0,16$) qu'à l'eau chaude ($Cpg_{\text{euchaude}} = 0,17 \pm 0,20$) ou même lorsque les graines ne sont pas traitées ($Cpg_{\text{témoin}} = 0,24 \pm 0,15$). Selon la photopériode considérée des traitements prégerminatifs sont caractérisés par des capacités identiques : (i) à

la lumière, il y a le traitement mécanique et ce dernier combiné au trempage ($C_{pg}^{\text{mécanique-trempage}} = 0,50 \pm 0,20$) ; (ii) à l'obscurité, nous avons le traitement à l'eau chaude ($C_{pg}^{\text{eau chaude}} = 0,17 \pm 0,20$) et mécanique combiné à un trempage-rinçage ($C_{pg}^{\text{mécanique-trempage-rinçage}} = 0,17 \pm 0,14$) ($p > 0.05$). Ce dernier conduit également à une capacité de germination moins élevée que le témoin. La comparaison entre les traitements conduisant aux capacités les plus élevées révèle que ce sont les graines traitées à l'eau chaude, exposées à la lumière et soumises à une température de 25 °C qui permettent d'obtenir une capacité optimum.

Le temps médian de germination est influencé significativement par la température ($p < 0.05$) et les traitements ($p < 0.001$). Le test de comparaison de moyenne indique que le temps médian est identique aux deux températures de l'étude : 25 °C ($T_{50} = 15,67 \pm 3,62$ j) et 30 °C ($T_{50} = 17,23 \pm 3,62$ j) ($p > 0.05$). Selon les traitements effectués, le temps médian de germination est plus court lorsque les graines sont traitées mécaniquement ($T_{50}^{\text{mécanique}} = 11,86 \pm 3,26$ j et $T_{50}^{\text{mécanique-trempage}} = 13,54 \pm 3,87$ j). Les graines non traitées et scarifiées à l'eau chaude possèdent les temps médian les plus longs ($T_{50}^{\text{témoin}} = 20,72 \pm 3,21$; $T_{50}^{\text{eau chaude}} = 18,87 \pm 3,25$).

La vitesse de germination est influencée significativement par les traitements ($p < 0.001$). Il existe une différence significative entre les traitements et avec le témoin ($p < 0.05$). La vitesse de germination est plus élevée lorsque les graines sont traitées mécaniquement que stratifiées à l'eau chaude ($CVG^{\text{eau chaude}} = 4,81 \pm 0,58$ %) ou n'ayant subi aucun test de prégermination ($CVG^{\text{témoin}} = 4,07 \pm 0,50$ %).

L'uniformité de germination de *D. viscosa* est influencée significativement par les traitements ($p < 0.01$). Le test de Tukey montre une différence entre les traitements et avec le témoin. Les valeurs moyennes d'uniformité les moins élevées se retrouvent chez les graines scarifiées mécaniquement ($CVt^{\text{mécanique}} = 87,71 \pm 18,47$ %) et associées à un trempage ($CVt^{\text{mécanique-trempage}} = 92,22 \pm 6,86$ %) alors que les graines non traitées ($CVt^{\text{témoin}} = 94,44 \pm 11,00$ %), scarifiées à l'eau chaude ($CVt^{\text{eau chaude}} = 96,78 \pm 36,22$ %) et mécaniquement, en ayant également subi un trempage-rinçage ($CVt^{\text{mécanique-trempage-rinçage}} = 97,98 \pm 6,04$ %) sont moins uniformes.

La synchronicité de germination est influencée significativement par la lumière, les traitements et leurs interactions ($p < 0.05$). Le test de Tukey révèle qu'il existe une différence significative entre les traitements et avec le témoin. Les traitements qui permettent d'obtenir une synchronicité relativement faible sont les graines scarifiées à l'eau chaude qu'elles soient en lumière ($E^{\text{eau chaude}} = 1,23 \pm 0,73$ bit) ou à l'obscurité ($E^{\text{eau chaude}} = 2,09 \pm 0,40$ bit). Néanmoins, ce sont les graines non traitées qui sont les plus synchronisées ($E^{\text{témoin}} = 0,00 \pm 0,00$ bit à la lumière et à l'obscurité).

Germination de *Eugenia buxifolia* (fig.11')

Parmi l'ensemble des cinq paramètres de germination estimés, **la capacité de germination** uniquement est influencée significativement par la température ($p < 0.001$). Le test de comparaison de moyennes indique

qu'il y a une différence significative de la capacité selon la température, et qu'elle est supérieure à 25°C ($C_{pg} = 0,92 \pm 0,04$ à 25 °C ; $C_{pg} = 0,60 \pm 0,01$ à 30 °C).

Germination de *Phyllanthus casticum* (fig.12')

La cinétique de germination de l'espèce *P. casticum* illustrée à la figure 12' (annexe) montre clairement qu'il n'y a pas de germination à 30 °C quel que soit le test de prégermination et la photopériode considérée. A 25°C et en absence de lumière, uniquement les graines trempées dans de l'eau pendant 12H ont germé. Par ailleurs, à la lumière les graines prétraitées chimiquement, scarifiées à l'eau chaude et non traitées se caractérisent par une cinétique de germination non nulle. Ainsi l'analyse statistique est faite uniquement sur les tests de germinations réalisés à la lumière à 25 °C.

La capacité de germination de *P. casticum* est influencée significativement par les traitements ($p < 0.001$). Les tests de Tukey révèlent que la capacité de germination des graines ayant été soumises à un test de trempage, est supérieure et significativement différente des autres tests de prégermination et du témoin ($C_{pg \text{ trempage}} = 0,20 \pm 0,04$). Elle reste par ailleurs relativement faible. La scarification à l'eau chaude, à l'acide et la stratification à la chaleur se caractérise par une capacité identique et nulle contrairement au témoin qui est de l'ordre de $0.10 \pm 0,07$ (tab3.3).

PARTIE D. DISCUSSION

I) Détermination des dormances « simples » des espèces

Pour les deux espèces *H. lanceolatum* et *F. racemosa*, compte tenu de très faibles taux de germination obtenus, nous soupçonnons une faible viabilité des lots testés et cela peut être dû à un problème de récolte (Come 1993, fig1.3). En effet, les capsules étant déhiscentes et les graines minuscules, la récolte se fait généralement avant maturité complète des fruits (avant que ces derniers ne s'ouvrent), ce qui peut impliquer un taux important de graines immatures (non viables).

Les dormances morphologiques :

Pour l'ensemble des espèces étudiées pour lesquelles les dormances morphologiques avaient été supposées, aucune ne présente ces dormances. C'est le cas de *C. pinnata*, *F. buxifolia* et *P. casticum* et *H. ambavilla* qui n'ont pas de dormance morphologique : le développement embryonnaire s'effectue donc normalement () car le traitement de stratification thermique n'améliore aucun des paramètres de germination des graines par rapport au témoin (C_{pg} , T50, CVG, CVt, E).

Les dormances morphologiques sont généralement mises en évidence par les traitements thermiques (température basse ou élevée). Toutefois, pour des raisons de temps et de disponibilité des infrastructures (chambre climatique) dans le cas des trois premières espèces citées ci-dessus, et comme il s'agit d'essences tropicales situées dans l'étage mégatherme, les traitements par le froid n'ont pas été effectués.

Les dormances physiologiques :

Parmi les six espèces (*C. pinnata*, *D. viscosa*, *F. buxifolia*, *P. casticum*, *S. denudata* et *H. ambavilla*) sur lesquelles nous avons soupçonné une dormance physiologique, seules *P. casticum* et *H. ambavilla* en présentent. Pour *P. casticum*, les graines trempées dans l'eau possèdent une capacité de germination significativement supérieure aux graines non traitées. Ainsi le trempage des graines dans l'eau a permis d'extraire les inhibiteurs qui agissent sur le développement de la radicule. Au niveau de la graine, l'albumen et le tégument peuvent être la cause potentielle de ce type de dormance car ils peuvent stocker les inhibiteurs (Nivot 2005). *P. casticum* est une espèce de zone sèche (Cadet 1977) qui est caractérisée par une pluviométrie faible (< 1000mm/an) et irrégulière (Raunet 1991). Le nombre de mois les moins pluvieux (< 100mm) est de huit et peut atteindre localement 10 à 11 mois. La stratégie de germination de cette espèce est d'attendre le pic de pluviométrie le plus important. Les inhibiteurs chimiques inclus dans les téguments des graines peuvent être alors rincés lors des périodes de forte pluie et favoriser ainsi la germination dans les conditions hydriques optimales.

Pour *H. ambavilla*, la fumée favorise la vitesse de germination. Selon les auteurs, la buténolide est le principe actif de la fumée qui agirait sur la germination des graines (Kulkarni 2007) en régulant l'expression des gènes qui codent pour l'expansine, molécule qui participe à l'élongation de la radicule (Lighth et al. 2008 ; Jain et al. 2008). Ainsi, cette étude montre que la fumée ne participe pas à la germination *sensu stricto*, mais réduit la période d'émergence de la radicule, d'où son effet sur la vitesse de germination. Depuis l'identification de la buténolide dans la fumée, la réponse de la germination d'un nombre significatif d'espèces a été démontrée. Plusieurs taxons ont répondu positivement à la buténolide (Flematti et al. 2004) dont certaines Asteraceae (Merritt et al. 2006), famille à laquelle appartient *H. ambavilla*. Néanmoins, la fumée n'a pas d'influence sur la capacité de germination des graines de *H. ambavilla*. La capacité de germination de cette espèce étant probablement peu élevée (Rivière & Schmitt 2003).

Toutefois, selon Gilmour et al. (2000), la fumée agirait mieux sur la capacité de germination des graines si elle est associée à un traitement de stratification thermique. *H. ambavilla* est une espèce pionnière à durée de vie relativement courte, qui fructifie abondamment pratiquement toute l'année. Elle s'installe souvent après des perturbations importantes, généralement sur un substrat sans strate herbacée exposé à la lumière. Les zones récemment incendiées correspondent tout à fait au type de milieu recolonisé par cette espèce. La stratégie de germination après fumigation permettrait à l'espèce de germer rapidement et d'être plus compétitive que d'autres espèces pionnières.

Les dormances physiques :

La capacité, le temps et la vitesse de germination sont plus élevées lorsque les graines de *D. viscosa* sont scarifiées mécaniquement, celles des *S. denudata* chimiquement et *C. pinnata* à l'eau chaude. La synchronicité de germination des espèces *D. viscosa* et *C. pinnata* est également améliorée. Le comportement de germination de ces espèces en réponse à ces traitements indique donc qu'ils ont une dormance physique. En effet, ces espèces possèdent un tégument relativement dur qui provoque une imperméabilité à l'eau. Une particularité des espèces à dormance physique, est que l'imbibition à l'eau est régulée par une petite structure anatomique spécialisée (le « water gap ») située dans le tégument de la graine ou au niveau du péricarpe. Le water gap fonctionne comme un détecteur de signal environnemental et s'ouvre uniquement lorsque les conditions du milieu sont favorables à une germination de l'espèce (Turner *et al.* 2009). Ainsi, les différents traitements effectués ci-dessus ont permis de contrer le bon fonctionnement du water gap facilitant ainsi la pénétration de l'eau dans la graine. Outre l'implication du water gap dans une dormance physique, les traitements de scarification effectués peuvent éliminer la contrainte mécanique imposée par le tégument à la croissance de l'embryon.

Pour les graines de *S. denudata*, parmi tous les traitements, l'acide sulfurique est de loin le plus efficace pour l'ensemble des paramètres de germination étudiés. Ces graines possèdent un tégument très dur que l'acide sulfurique permet de ramollir et de le rendre perméable à l'eau. *S. denudata* est une espèce héliophile grégaire située au-dessus de 1400m d'altitude, ses semences ont une capacité de dispersion très faible. La stratégie de régénération consiste en une période assez longue de conservation des graines dans le sol (souvent au pied des semenciers). Ces graines germeront à la faveur d'une ouverture du milieu, d'un incendie ou d'une mise en lumière brutale (chablis, coupe d'arbre...). Le tégument, très dur et imperméable des graines, leur permet de se conserver plusieurs années dans le sol. Celui-ci peut devenir perméable à la suite d'incendies ou de « brûlures » par UV (exposition à la lumière directe du soleil en altitude)

Pour les graines de *C. pinnata*, la comparaison des tests de température associés aux tests de scarification montre qu'à 30 °C les graines ont besoin d'être scarifiées alors qu'à 25 °C, ce traitement n'est pas nécessaire. Les semences semblent acquérir une dormance physique uniquement lorsqu'elles sont à 30 °C. Cette observation révèle que le water gap des graines de cette espèce s'ouvre uniquement quand les graines sont à 25 °C. L'aire de répartition de *C. pinnata* est située à l'ouest de l'île entre 100 et 600 m d'altitude. La moyenne des maxima sur cette tranche altitudinale est comprise entre 24,5 °C et 27,5°C (Ronnet 1991). Pour les plages de température supérieures aux maxima de sa zone écologique, l'espèce pourrait avoir une stratégie de mise en dormance de ces semences.

Pour l'espèce *P. casticum*, il n'y a pas de réponse de germination significativement différente entre les traitements et le témoin. Les semences de cette espèce sont souvent parasitées (observation personnelle et problème récurrent dans les pépinières à La Réunion) provoquant probablement une perte de viabilité. Selon Blaney & Kotanen (2001), le parasitisme peut être considéré comme un facteur biologique provoquant la mortalité des graines.

II) Détermination des dormances combinées :

Les dormances physiques-physiologiques :

Pour ce type de dormance, l'association de traitements prégerminatifs adéquats favorise la pénétration plus rapide de l'eau dans les cellules, la turgescence des cellules. Les changements métaboliques qui en découlent permettent de réduire la période d'émergence (Nivot 2005).

En ce qui concerne les deux espèces *S. denudata* et *D. viscosa*, les prétraitements combinés de scarification chimique et de trempage (plus rinçage pour *S. denudata*) n'améliorent pas la germination. Les dormances physiques-physiologiques soupçonnées sur ces espèces ne sont donc pas avérées.

III) Les conditions optimales de germination

Dans notre étude des espèces de forêt tropicale humide, bien que la température de germination soit variable d'une espèce à l'autre, 20 °C est la température qui permet la germination de toutes ces espèces. Les espèces ont été récoltées généralement à Notre Dame de la Paix et à Mare longue (fig. XX , tab XX). Elles sont situées dans une aire géographique dont la température moyenne varie pour Notre-Dame de la Paix de 12 à 17 °C moyenne annuelle et à 20 °C moyenne annuelle pour les mois les plus chauds (janvier, février et mars et avril), et pour Mare Longue entre 20 et 24 °C moyenne annuelle (Raunet 1991). Les plages de germination optimale de certaines espèces étudiées pourrait s'expliquer par les périodes de maturation de leurs fruits (mois les plus chaud : janvier, février et mars)

Parmi les espèces récoltées en milieu humide, *H. ambavilla* est la seule espèce qui a été soumise à des tests de germination à la lumière et à l'obscurité. Nous avons pu voir qu'il n'y a pas de différence significative de germination. Par ailleurs, compte tenu des faibles capacités de germination obtenues, nous pouvons seulement émettre l'hypothèse que l'espèce est indifférente à la lumière (Baskin & Baskin 1998).

Pour les espèces de la forêt semi xérophile, trois espèces ont une germination optimale à 25 °C (*C. pinnata*, *D. viscosa* et *E. buxifolia*). Pour les deux premières espèces, il n'y a pas de différence significative au niveau de la germination à la lumière ou à l'obscurité. Nous pouvons donc dire que ces deux Sapindaceae (*C. pinnata* et *D. viscosa*) ne sont pas photosensibles (Baskin & Baskin 1998). Ces deux espèces sont de la série mégatherme semi xérophile où les températures moyennes annuelles sont comprises entre 22°C et 24 °C. La température optimale est donc proche de la température moyenne annuelle. *E. buxifolia* est une espèce eurytherme (mégatherme-mésotherme) sur laquelle les tests à 20 °C n'ont pas été effectués mais il serait probable que cette plage de température lui convienne également. Pour les graines des deux autres espèces (*F. buxifolia* et *P. casticum*), il n'y a pas de différence significative de germination que ce soit à 25 °C ou 30 °C, quelle que soit la photopériode. Les espèces ne sont donc pas photosensibles et ont une plage de température optimale de plus grande amplitude par rapport aux espèces précédentes. Ces espèces sont considérées dans la succession comme des espèces nomades (nomade forestière, nomade pionnière) (Sarraiilh *et al.* 2007), c'est-à-dire qu'elles tolèrent des conditions de lumière assez larges pour leur croissance et leur régénération. Les nomades pionnières préfèrent la lumière et tolèrent un léger ombrage ; les nomades forestières préfèrent l'ombre mais tolèrent la lumière ce qui peut expliquer l'indifférence à la lumière de ces semences pour la germination.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Nous avons pu mettre en évidence plusieurs phénomènes qui influent sur la germination :

D'une part, la présence de dormances parfois profondes (physique sur *S. denudata*), des plages et des amplitudes de température optimale variables selon les espèces, l'existence ou non de dormance pour une même espèce (*C. pinnata*) selon la plage de température étudiée.

D'autre part, nous avons pu également constater des problèmes liés à la viabilité à cause de récoltes trop précoces (*F. racemosa* et *H. lanceolatum*) ou d'un taux de parasitisme élevé des semences (*P. casticum*).

Cependant, sur les espèces testées nous n'avons pas mis en évidence des phénomènes connus dans la littérature comme la photosensibilité positive ou négative.

En perspectives, pour les espèces sur lesquelles nous avons pu déterminer les dormances (ex: *S. denudata*) il serait intéressant de réaliser des tests de germination complémentaires afin : (i) d'affiner les traitements prégerminatifs et notamment la durée des traitements de scarification qui peuvent influencer le processus de germination ; (ii) de confirmer les dormances qui sont acquises à la suite d'un changement de température notamment pour une production en pépinière. A titre d'exemple, selon la période de récolte de *C. pinnata*

l'application des traitements de prégermination serait essentielle en été, car la température peut être trop élevée, ces traitements pourraient être indispensable en hiver pour des températures plus basse.

Par ailleurs, de nouvelles méthodologies seraient intéressantes à prendre en compte afin de pallier des problèmes de germination que nous avons rencontrés :

- Premièrement, trouver les meilleurs signes extérieurs précurseurs de maturité des fruits afin de pallier les problèmes de germination des espèces à capsules déhiscentes. Un suivi phénologique permettrait de déterminer les différentes phases de maturité des fruits et à chaque stade observé un test de germination serait réalisé. La comparaison des tests de germinations permettra alors de déterminer les meilleurs signes de maturité des fruits ;
- Deuxièmement, pour l'espèce *P. casticum*, trouver des méthodes qui permettraient de récolter des fruits non parasités afin d'obtenir des quantités de graines viables suffisantes pour réaliser des tests de germination pertinents.

Référence bibliographiques :

- Baskin, C.C., and J.M. Baskin. 1998. Seeds : Ecology, Biogeography, and Evolution of dormancy and Germination. Pages 1-666. Academic Press. San Diego. CA. USA
- Baskin, J. M., and C. C. Baskin. 2004. A classification system for seed dormancy. Seed Science Research 14:1-16.
- Bewley, J.D. 1997. Seed germination and dormancy. The Plant Cell 9: 1055-1066.
- Blaney, C. S., and P. M. Kotanen. 2002. Effects of fungal pathogens on seeds of native and exotic plants: a test using congeneric pairs. Journal of Applied Ecology 38:1104-1113.
- Brown, N. A. C, and J. Van Staden .1997. Smoke as a germination cue: a review. Plant Growth Regul. 22, 115-24.
- Cadet T. 1977. La végétation de l'Ile de La Réunion: étude phyto écologique et phytosociologique. These. Université d'Aix-Marseille.
- Carvalho, M. P., D. G. Santana, and M. A. Rana. 2005. Emergência de plântulas de *Anacardium humile* A. St.-Hill.(Anacardiaceae) avaliada por meio de amostras pequenas. revista Brasil Botanica 28:627-633.
- Cook, A., S. R. Turner, C. C. Baskin, K. J. Steadman, and K. W. Dixon. 2008. Occurrence of Physical Dormancy in Seeds of Australian Sapindaceae : A Survey of 14 Species in Nine Genera. Annals of Botany 101:1349- 1362.
- El-keblawy, A., and A. Al-rawai. 2006. Effects of seed maturation time and dry storage on light and temperature requirements during germination in invasive *Prosopis juliflora*. Flora 201:135-143.
- Fang, S., J. Wang, Z. Wei, and Z. Zhu. 2006. Methods to break seed dormancy in *Cyclocarya paliurus* (Batal) Iljinskaja. Scientia Horticulturae 110:305-309.
- Fenner M, Thompson K. 2005. The ecology of seeds. Cambridge University Press.
- Finch-Savage, W. E., and G. Leubner-Metzger. 2006. Seed dormancy and the control of germination. The New phytologist 171:501-23.
- Flematti, G.R., Ghisalberti, E.L., Dixon, K.W., Trengove, R.D., 2004. A compound from smoke that promotes seed germination. Science 305, 977.
- Foley, M. E. 2001. Review article Seed dormancy : an update on terminology , physiological genetics , and quantitative trait loci regulating germinability. Weed Science 49:305-317.
- Grabe, D. F. 1970. Tetrazolium testing handbook for agricultural seeds. Contribution No. 29 to the Handbook on seed testing. Association of Official Seed Analysts, North Brunswick, New Jersey, USA.
- Geneve, R. L. 2003. Impact of Temperature on Seed Dormancy. HortScience 38:336-341.
- Gilmour, C. A., R. K. Crowden, and A. Koutoulis. 2000. Heat shock, smoke and darkness : partner cues in promoting seed germination in *Epacris tasmanica* (Epacridaceae). Australian journal of botany 48:603-309.

- Goodchild, N.A., and M.G.WALKER. 1971. A method of measuring seed germination in physiological studies. *Annals of Botany* 35:615-621.
- Hidayati, S. H., J. B. Baskin, and C. C. Baskin. 2000. Morphophysiological dormancy in seeds of two North American and Eurasian species of *Sambucus* (Caprifoliaceae) with underdeveloped spatulate embryos. *American Journal of Botany* 87:1669-1678.
- Hu, X. W., Y. P. Wu, and Y. R. Wang. 2009. Different requirements for physical dormancy release in two populations of *Sophora alopecuroides* relation to burial depth. *Ecological Research* 24:1051-1056.
- Jain, N., Ascough, G.D., and J. Van Staden J. 2008. A smoke-derived butenolide alleviates HgCl₂ and ZnCl₂ inhibition of water uptake during germination and subsequent growth of tomato-possible involvement of aquaporins. *Journal of Plant Physiology* 165, 1422–1427.
- Khan, M. A., and I. A. Ungar. 1984. The effect of salinity and temperature on the germination of polymorphic seeds and growth of *Atriplex triangulatis willd.* *American Journal of Botany* 71:481-489.
- Kulkarni, M.G., Sparg, S.G., Van Staden, J., 2007a. Germination and post- germination response of *Acacia* seeds to smoke-water and butenolide, a smoke-derived compound. *Journal of Arid Environments* 69, 177–187.
- Labouriau, L.G. 1983. A germinação das sementes. Organização dos Estados Americanos. Programa Regional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. Série de Biologia. Monografia 24.
- Landis, T. D. 2000. Where there's smoke. *Springer* 1:25-29.
- Li BL and Foley ME. 1997. Genetic and molecular control of seed dormancy. *Trends in Plant Science* 2: 384–389.
- Li, X., J. M. Baskin, and C. Baskin. 1999. Anatomy of two mechanisms of breaking physical dormancy by experimental treatments in seeds of two North American *Rhus* species (Anacardiaceae). *American Journal of Botany* 86:1505-1511.
- Light, M. E., M. I. Daws, and J. V. Staden. 2009. Smoke-derived butenolide : Towards understanding its biological effects. *South African Journal Of Botany* 75:1 - 7.
- Niang-diop, F., B. Sambou, and A. M. Lykke. 2010. Contraintes de régénération naturelle de *Prosopis africana* : facteurs affectant la germination des graines. *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 4:1693-1705.
- Nikolaeva, M.G. 1977. Factors controlling the seed dormancy pattern. Pages 51-74 in A.A. Kahn, editor. *The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination*. New-York.
- Nivot, N. 2005. Essais de germination et de bouturage de six espèces indigènes sciaphytes du Canada. Thèse. Université Laval.
- Merritt, D.J., Kristiansen, M., Flematti, G.R., Turner, S.R., Ghisalberti, E.L., Trengove, R.D., Dixon and K.W., Dixon. Effects of a butenolide present in smoke on light-mediated germination of Australian Asteraceae. *Seed Science Research* 16, 29–35.
- Peters C.M. 1997. Exploitation soutenue de produits forestiers autres que le bois en forêt tropicale humide : Manuel d'initiation écologique. Série Générale N° 2 du Programme d'Appui à la Biodiversité.
- Randriatafika, F., J. Rabenantoandro, and R. A. Rajoharison. 2008. Analyses of Seed Germination of Littoral Forest Native Species in Southeastern Madagascar. Pages 119-126 *Ecosystems*.

Ranal, M. A., and D. Garcia de Santana. 2006. How and why to measure the germination process ? revista Brasil Botanica 29:1-11.

Raunet, M. 1991. Le milieu physique et les sols de l'Ile de La Réunion. Conséquence pour la mise en valeur agricole. 41-103pp. CIRAD.

Read, T. R., S. M. Bellairs, D. R. Mulligan, and D. Lamb. 2000. Smoke and heat effects on soil seed bank germination for the re-establishment of a native forest community in New South Wales. Austral Ecology 25:48-57.

ISTA. 2005. International Rules for Seed Testing. Edition 2005. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Suisse.

Salehzade, H., M.I. Shishvan, M. Ghiyasi, F. Forouzi, and A.A. Siyahjani. 2009. Effect of seed priming on germination and seedling growth of wheat. Res. J. Biol. Sci., 4(5), 629-631.

Salomão, A. N. 2002. Tropical seed species ' responses to liquid nitrogen exposure. Brazilian Journal Plant Physiological 14:133-138.

Sarrailh, J.M., J. Baret, E. Rivière, T. Le Bourgeois. 2007. Arbres et arbustes indigènes de la forêt réunionnaise. Description et Multiplication. Arbo-Run V.1. CIRAD

Schmidt, L. 2000. Guide to Handling of Tropical and Subtropical Forest Seed. Pages 1-511. Danida Forest Seed Centre Denmark.

Sun, Y. Y., Y.-J. Sun, M.-T. Wang, X.-Y. Li, X. Guo, R. Hu, and J. Ma. 2010. Effects of seed priming on germination and seedling growth under water stress in rice. Acta agronomica sinica 36:1931-1940.

Tieu, A., J.A. Plummer, K.A. Dixon, K. Sivasithamparam, and I.M. Sieler. 1999. Germination of Four Species of Native Western Australian Plants using Plant-derived Smoke. Australian Journal of Botany 47(2) : 207 - 219.

Turner, S. R., A. Cook, J. M. Baskin, C. C. Baskin, R. E. Tuckett, K. J. Steadman, and K. W. Dixon. 2009. Identification and characterization of the water gap in the physically dormant seeds of *Dodonaea petiolaris* : a first report for Sapindaceae. Annals of Botany: 833 -844.

Vandelook, F., N. Bolle, and J. A. Van Assche. 2007. Seed Dormancy and Germination of the European *Chaerophyllum temulum* (Apiaceae), a Member of a Trans-Atlantic Genus. Annals of Botany 100:233-239.

Strasberg, D., M. Rouget, D. M. Richardson, S. Baret, J. Dupont, and R. M. Cowling. 2005. An assessment of habitat diversity and transformation on La Réunion Island (Mascarene Islands , Indian Ocean) as a basis for identifying broad-scale conservation priorities. Biodiversity and Conservation 14:3015-3032.

Srivastava LM. 2002. Plant Growth and Development. Hormones and Environment. Academic Press, San Diego (CA). 772 p.

Truong, P., P. Thueux, C. Latreille, S. Radjasagarane, C. Merle, D. Bassargette, M. Saliman, P. Breuil, B. Lequette, and S. Baret. 2010. Conservation de la forêt semi-xérophile de la Réunion : une première européenne.

Young JA et Young CG. 1986. Collecting, Processing and Germinating Seeds of Wildland Plants. Timber Press, Portland (OR). 236 p.

Wang, M., R. Bakhuizen, S. Heimovaara-Dijkstra, M. J. Van Zeijl, M. A. De Vries, J. M. Van Beckum, and K.M.C. Sinjorgo. 1994. The role of ABA and GA in barley grain dormancy: a comparative study between embryo and aleurone dormancy. *Russian Journal of Plant Physiology*. 41:577 584.

ANNEXES :

Tableau 3'1 : Tableau d'analyse de la déviance des modèles linéaires simple et généralisés pour 10 espèces.

| Espèces | Facteurs | tS0 | | CVG | | CVt | | E | | Cpg |
|---------|---------------------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|--------|----------|----------|
| | | F stat | Pr(>Chi) | F stat | Pr(>Chi) | F stat | Pr(>Chi) | F stat | Pr(>Chi) | Pr(>Chi) |
| AGABU | tptr | 13,543 | 0,002 | 98,055 | 0,000 | 0,491 | 0,645 | 26,719 | 0,000 | 0,000 |
| AGASA | tptr | 15,677 | 0,004 | 76,592 | 0,000 | 0,962 | 0,427 | - | - | 0,000 |
| APHTH | tptr | 68,859 | 0,000 | 15,076 | 0,001 | 0,510 | 0,741 | - | - | 0,006 |
| FAUSA | tptr | 3,850 | 0,062 | 6,221 | 0,020 | - | - | 6,413 | 0,031 | 0,021 |
| EUGBU | tptr | 0,060 | 0,811 | 0,003 | 0,956 | - | - | 0,003 | 0,986 | 0,000 |
| | lum | 0,494 | 0,494 | 0,015 | 0,905 | - | - | 0,016 | 0,815 | 0,614 |
| | tptr:lum | 0,728 | 0,408 | 2,928 | 0,106 | - | - | 2,974 | 0,157 | 0,127 |
| FORRA | tptr | - | - | - | - | 9,297 | 0,001 | 7,730 | 0,003 | - |
| | lum | - | - | - | - | - | - | 11,078 | 0,003 | - |
| | traitement | - | - | - | - | 2,353 | 0,139 | - | - | - |
| | tptr:lum | - | - | - | - | - | - | 11,384 | 0,000 | - |
| HUBAM | tptr | 1,163 | 0,333 | 4,532 | 0,030 | 2,239 | 0,129 | 1,522 | 0,236 | 0,008 |
| | lum | 0,000 | 0,987 | 0,563 | 0,466 | 2,688 | 0,115 | 1,307 | 0,263 | 0,000 |
| | traitement | 1,188 | 0,289 | 5,891 | 0,029 | 1,981 | 0,161 | 1,775 | 0,194 | 0,000 |
| | tptr:lum | 8,048 | 0,003 | - | - | - | - | 1,898 | 0,169 | 0,003 |
| | tptr:traitement | 0,493 | 0,618 | 1,704 | 0,213 | - | - | 4,599 | 0,569 | 0,000 |
| | lum:traitement | 7,972 | 0,052 | - | - | - | - | 0,515 | 0,479 | - |
| | tptr:lum:traitement | - | - | - | - | - | - | 3,537 | 0,071 | - |
| HYPLA | tptr | 0,579 | 0,481 | 0,884 | 0,417 | 0,499 | 0,627 | 0,499 | 0,627 | 0,000 |
| SOPDE | tptr | 2,655 | 0,119 | 0,133 | 0,720 | 0,102 | 0,753 | 5,326 | 0,033 | 0,000 |
| | lum | 0,830 | 0,373 | 5,182 | 0,037 | 4,518 | 0,051 | 0,003 | 0,954 | 0,417 |
| | traitement | 4,624 | 0,008 | 6,796 | 0,004 | 2,044 | 0,140 | 2,206 | 0,109 | 0,000 |
| | tptr:lum | 0,258 | 0,617 | - | - | 3,014 | 0,103 | 4,327 | 0,056 | 0,356 |
| | tptr:traitement | 0,055 | 0,946 | - | - | 0,741 | 0,493 | 4,470 | 0,069 | 0,002 |
| | lum:traitement | 5,961 | 0,057 | 4,916 | 0,051 | 6,359 | 0,051 | - | - | 0,085 |
| | tptr:lum:traitement | 1,417 | 0,248 | - | - | - | - | - | - | 0,420 |
| FORRA | tptr | - | - | - | - | 9,297 | 0,001 | 7,730 | 0,003 | - |
| | lum | - | - | - | - | - | - | 11,078 | 0,003 | - |
| | traitement | - | - | - | - | 2,353 | 0,139 | - | - | - |
| | tptr:lum | - | - | - | - | - | - | 11,384 | 0,000 | - |

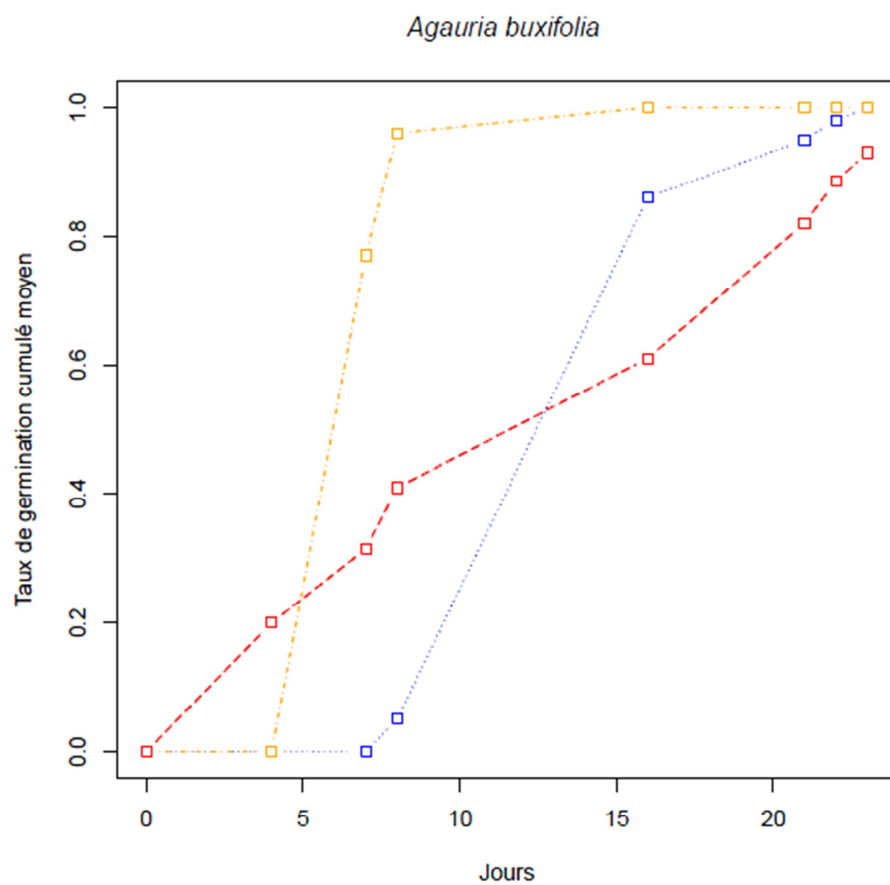


Figure 1' : Cinétique de germination de *A.buxifolia*.

Agauria salicifolia

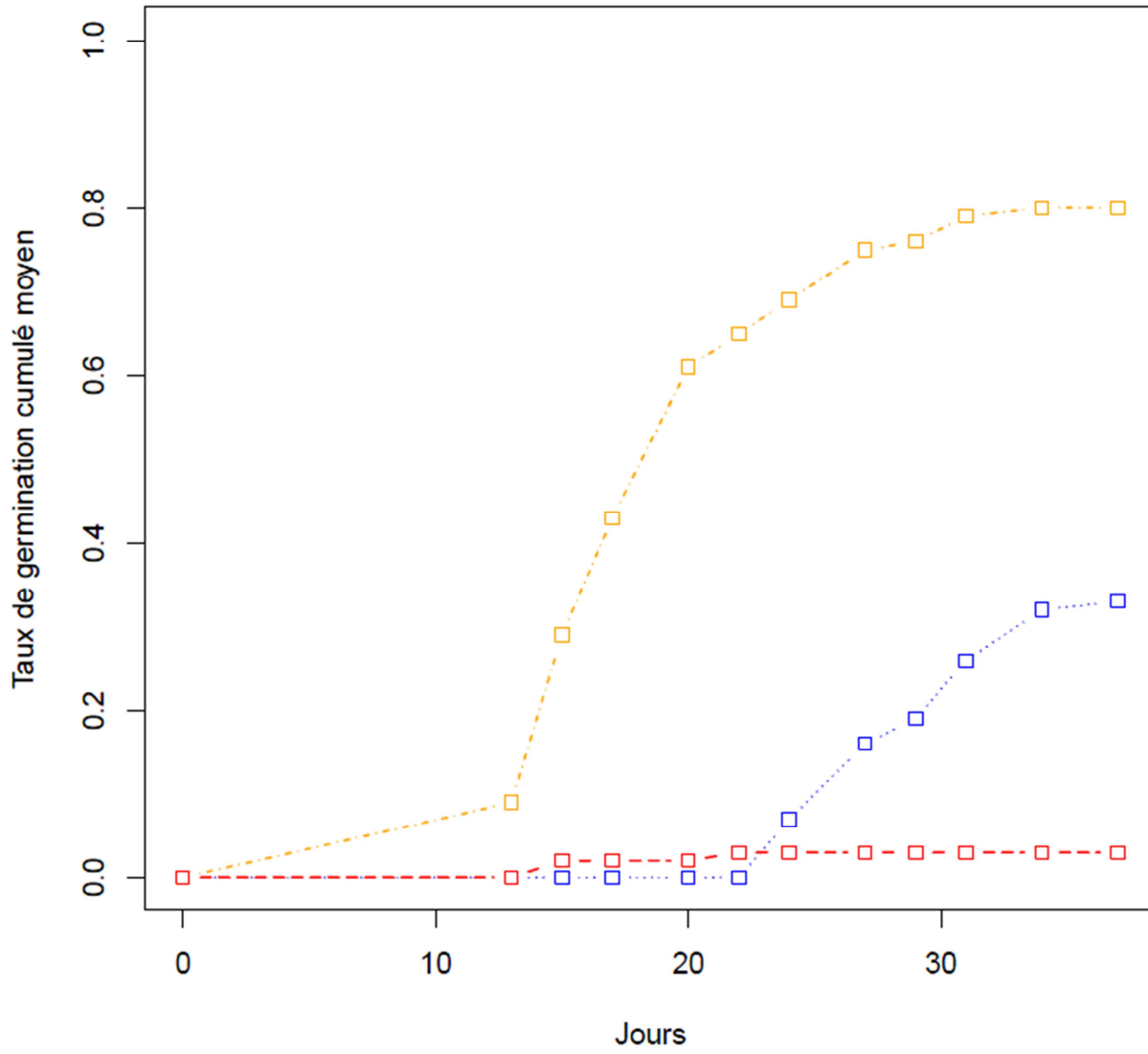


Figure 2' : Cinétique de germination de *A. salicifolia*.

Aphloia theiformis

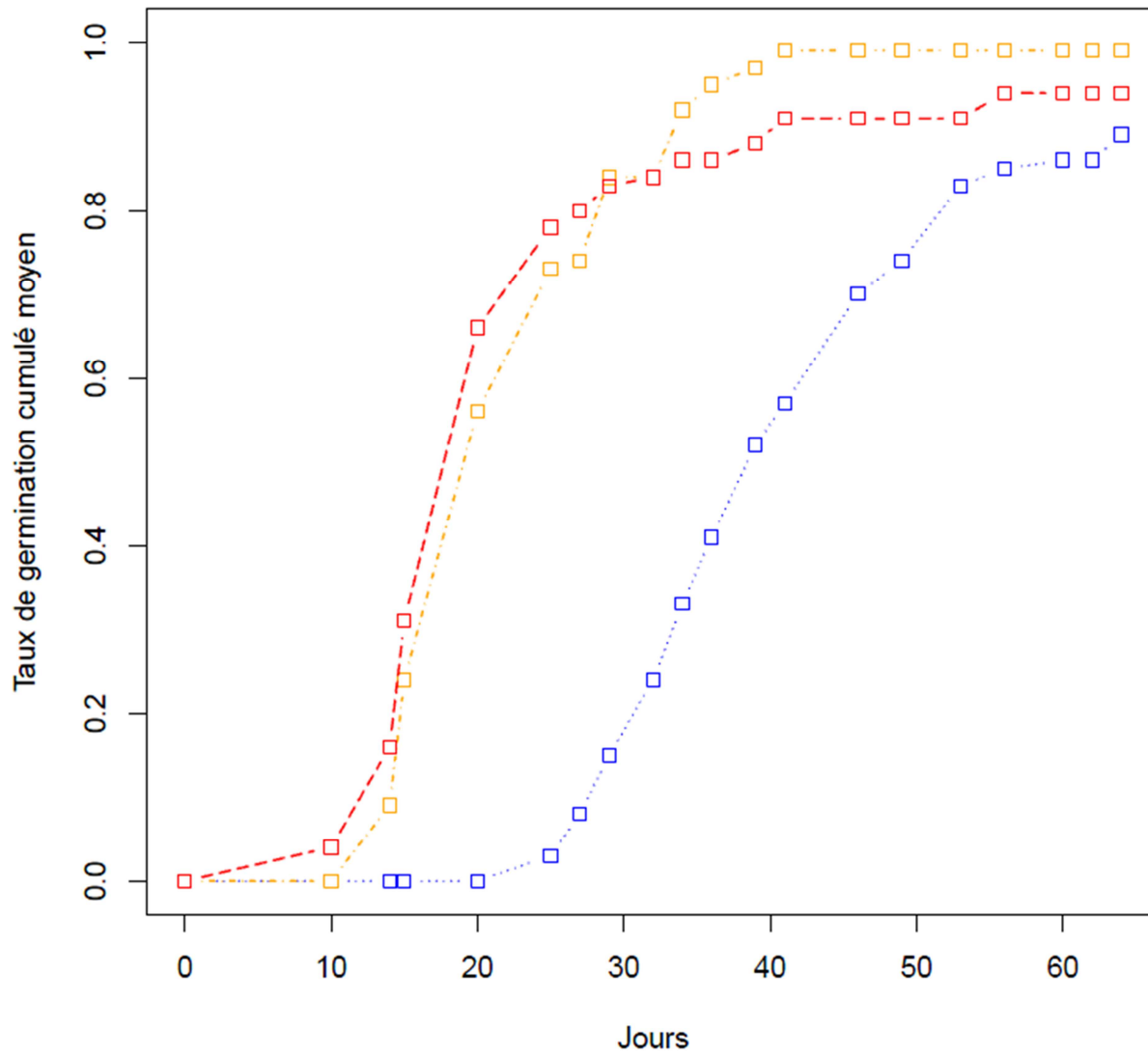
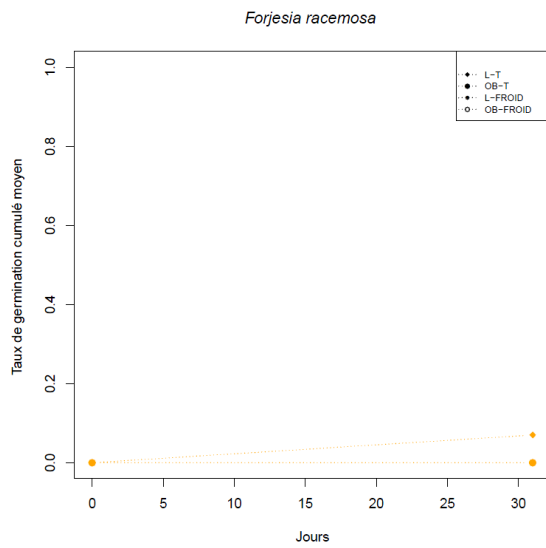
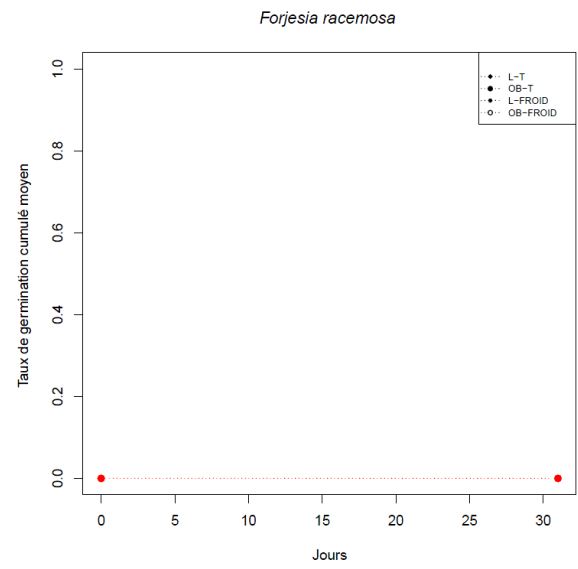
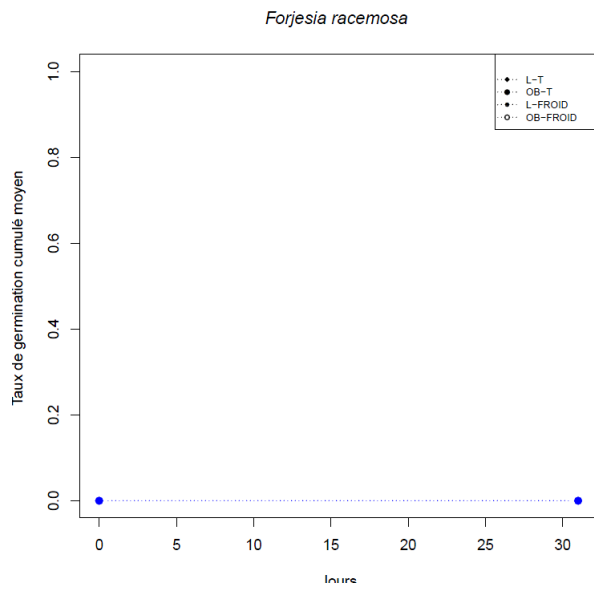


Figure 3' : Cinétique de germination de *A. theiformis*



Fifure 5' Cinétique de germination de *F. racemosa*

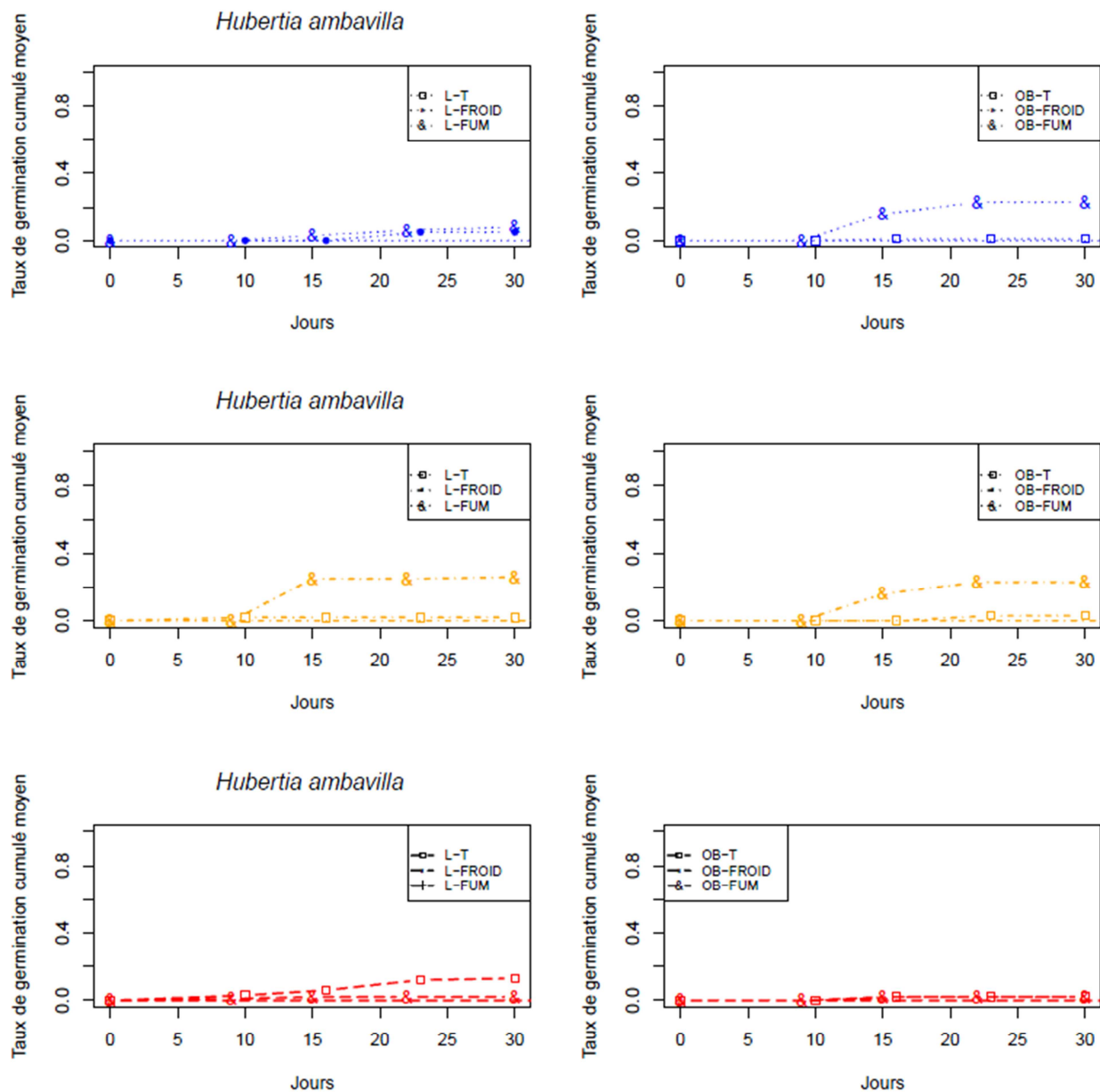


Figure 6' : Cinétique de germination de *H. ambavilla*.

Hypericum lanceolatum

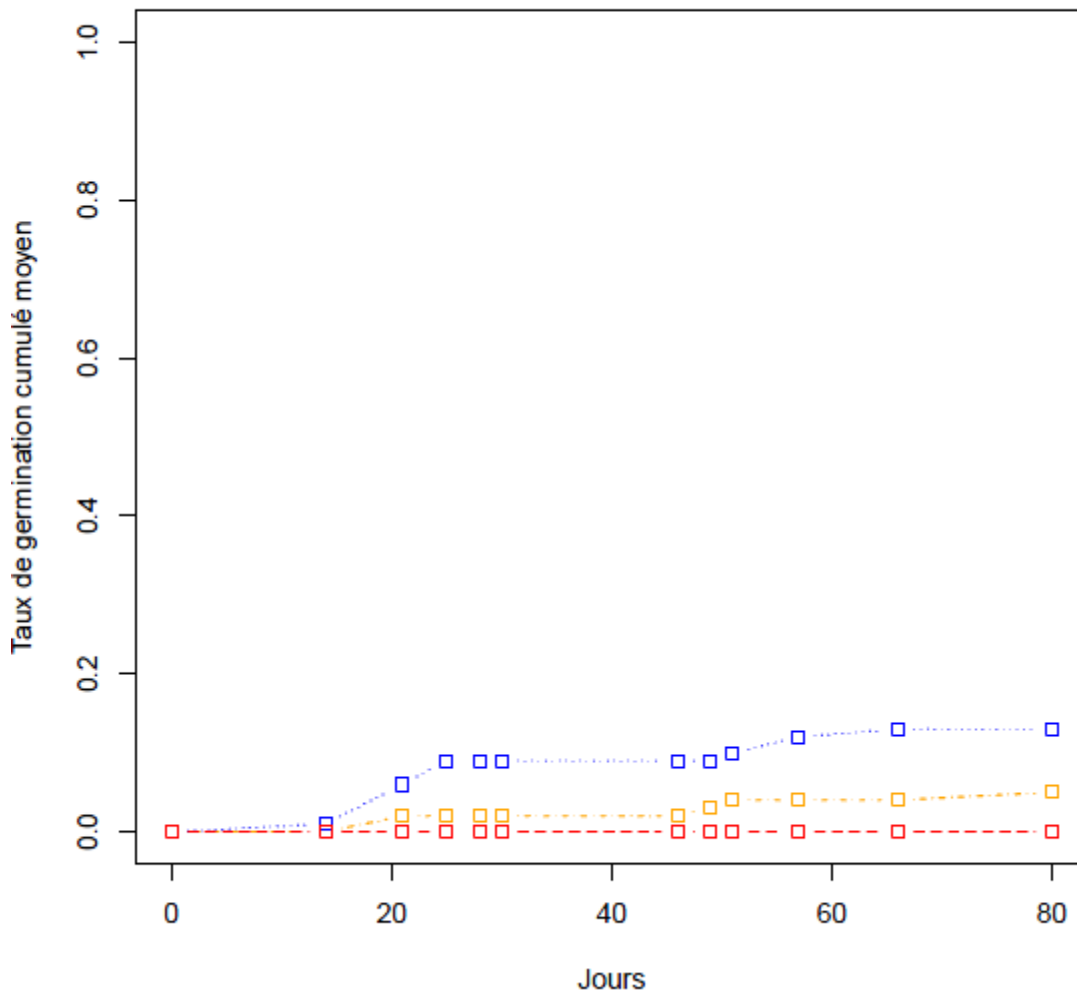


Figure 7' : Cinétique de germination de *H. lanceolatum*

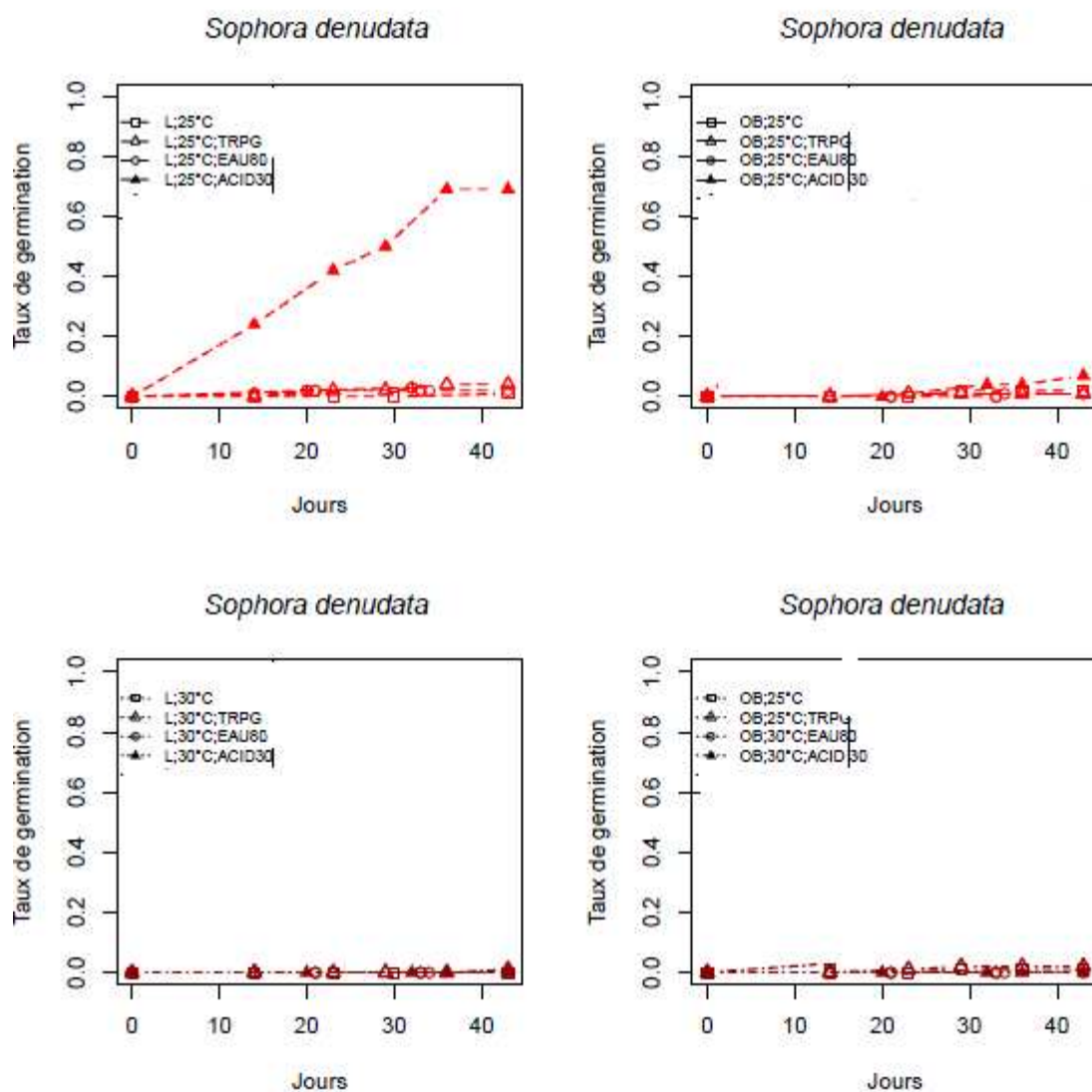


Figure 8' : Cinétique de germination de *S. denudata*

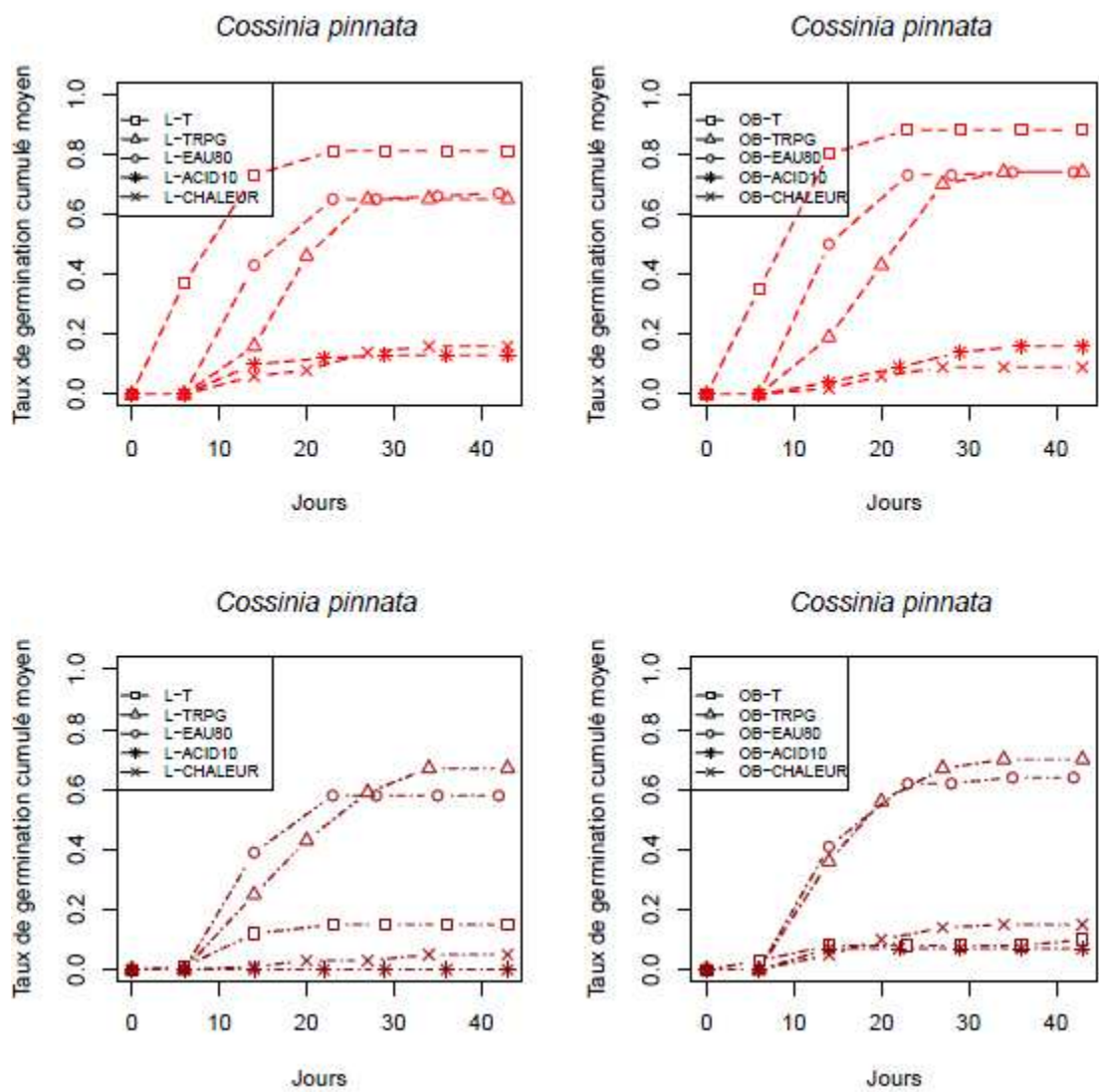


Figure 9' : Cinétique de germination de *C. pinnata*

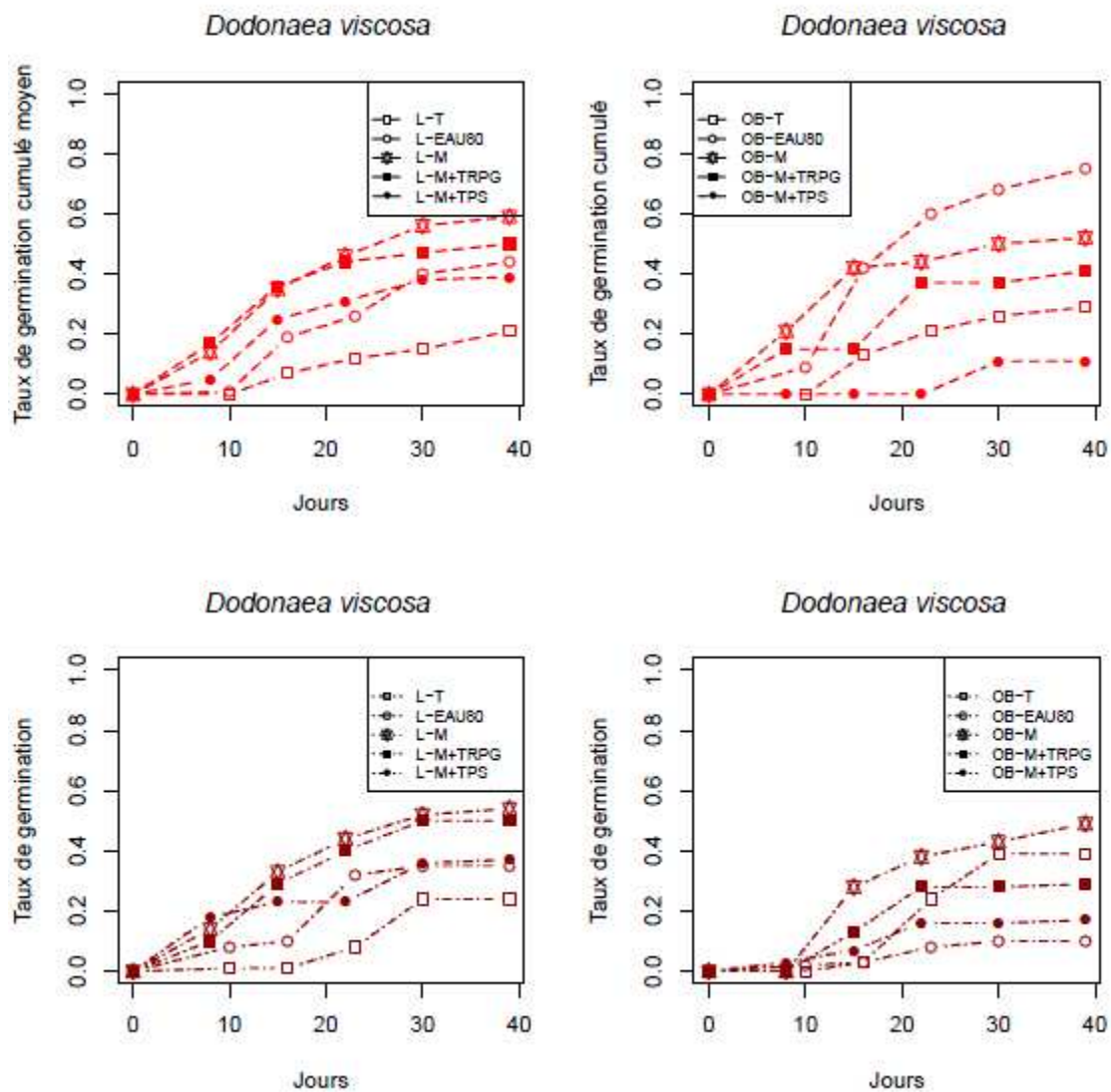


Figure 10' : Cinétique de germination de *D. viscosa*

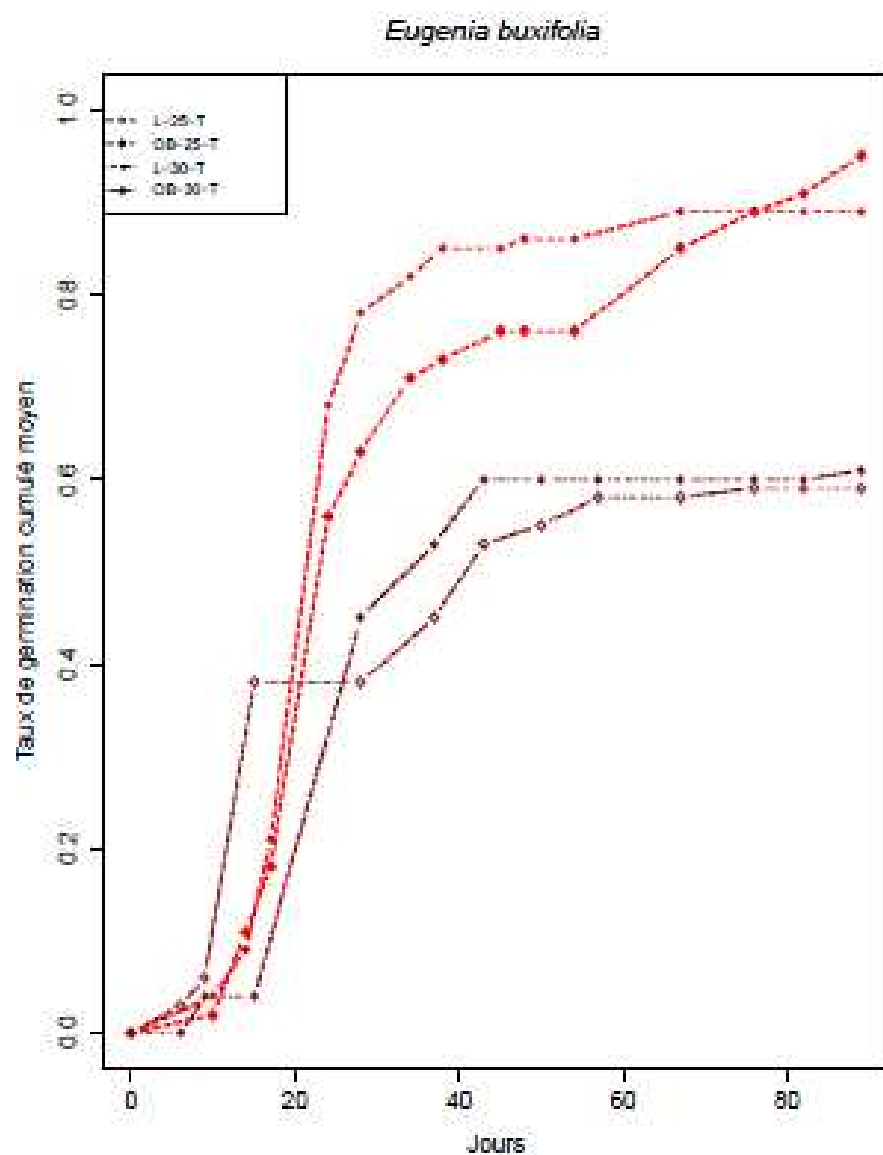


Figure 11' : Cinétique de germination de *E.buxifolia*

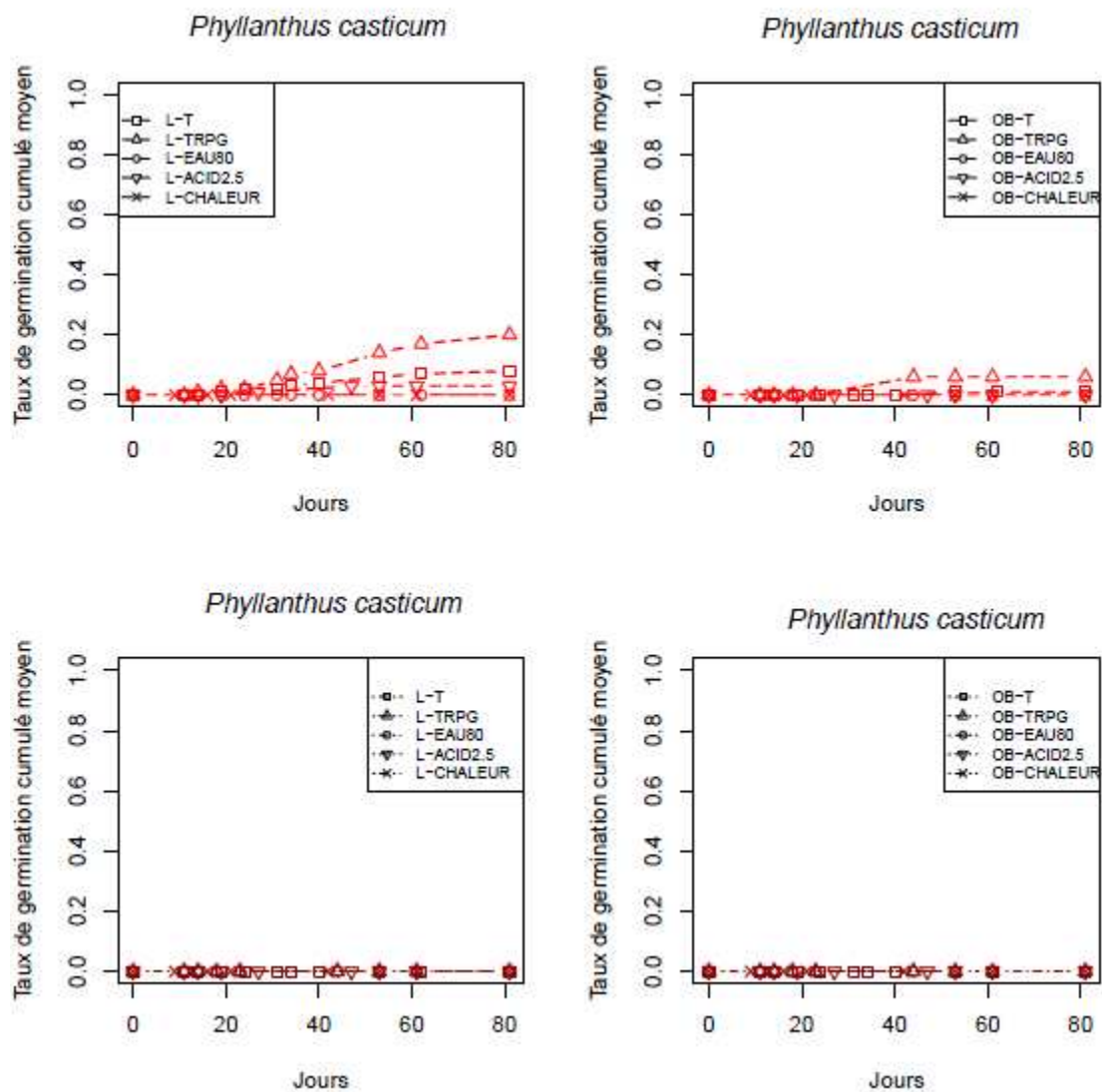


Figure 12' : Cinétique de germination de *P. casticum*

Résumé :

Les essais de germination de 13 espèces indigènes de La Réunion ont révélé que quatre d'entre elles ont une dormance : *Phyllanthus casticum* et *Hubertia ambavilla* ont une dormance physiologique, *Cossinia pinnata* et *Dodonaea viscosa* ont une dormance physique. Dans l'ensemble, les espèces oligothermes germent relativement bien : leurs capacités et vitesse de germination sont élevées et leurs temps de germination courts. Toutefois, trois d'entre elles ont une capacité de germination relativement faible, certainement du à des problèmes de viabilité et de dormance non révélés. La plupart des espèces de la série mégatherme semi-xérophile présentent une dormance des graines. L'étude des conditions de germination a permis de mettre en évidence un optimum de germination à 20°C chez les espèces oligothermes et l'absence de photosensibilité. Pour les espèces de la série oligotherme, une variabilité de condition optimale de germination a été révélée.

Mots clés : Dormance des graines ; température ; Ile de La Réunion ; photosensibilité ; viabilité.

Abstract:

Germination test of 13 indigenous species of La Réunion Island have shown the presence of seed dormancy in 4 species : *phyllanthus casticum* and *Hubertia ambavilla* have a physiological dormancy, *Cossinia pinnata* and *Dodonaea viscosa* have a physical dormancy. On the whole, oligothermes species sprout relatively well : their germination capacity and velocity are high and their germination time is short. However three species have a relatively low germination capacity, this is probably due to viability problems and the presence of an undetected dormancy. Many species of the megatherme semi-xerophile series have a dormancy. Study of the germination condition has permitted the identification of an optimum germination at 20°C for the oligothermes species and the absence of photosensitivity. For the species of oligotherme a variability of optimal condition has been found.

Key word : seed dormancy ; temperature ; germination test ; photosensitivity ; seed viability